

ÉTUDE

SUR LES

LOCOMOTIVES AMÉRICAINES

PAR

M. J. OUDET

Extrait de la *Revue de Mécanique*.

PARIS

Vve CH. DUNOD, ÉDITEUR

49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49

—

1903

ÉTUDE

SUR LES

LOCOMOTIVES AMÉRICAINES

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS

ÉTUDE

SUR LES

LOCOMOTIVES AMÉRICAINES

PAR

M. J. OUDET

Extrait de la *Revue de Mécanique*.

PARIS

Vve CH. DUNOD, ÉDITEUR

49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49

—

1903

ÉTUDE SUR LES LOCOMOTIVES AMÉRICAINES

En terminant l'examen des types de locomotives représentés à l'Exposition de Chicago (Les Chemins de fer à l'Exposition de Chicago), M. Grille émettait cette conclusion : « La vérité est que, si les constructeurs d'Europe n'ont point à redouter la concurrence « des constructeurs américains en Europe même, ils ont tout à redouter d'eux dans les « pays neufs, grâce aux bas prix et aux qualités propres des machines qu'ils cons- « truisent. »

Non seulement, à l'heure actuelle, les exportations des maisons américaines s'étendent à tous les pays neufs, mais l'État Français, le P.-L.-M. et l'Orléans, quatre chemins de fer anglais, pour ne pas parler des chemins de fer russes et de ceux de l'Etat suédois, ont fait appel aux constructeurs américains.

On aura beau dire que, en ce qui concerne les commandes faites par l'État Français, le Midland, le Great Northern, etc., il n'y a là qu'un cas absolument fortuit résultant de l'insuffisance des ateliers français et anglais, il n'en reste pas moins établi qu'en dépit d'une hausse considérable sur les matières premières aux États-Unis, les machines du Midland sont revenues à 12.500 fr. de moins que les machines de même puissance, construites en Angleterre, et que les machines de l'État français sont revenues malgré les frais de douane (0 fr. 20 par kilog.), les frais de démontage, transport, etc., à un prix (environ 1 fr. 44 le kilog) qui n'a jamais été atteint par aucune maison de construction française.

Il est également bien connu que le Gouvernement russe ayant eu besoin, il y a quelques années, d'un nombre assez important de locomotives, c'est en Amérique qu'il fut obligé de s'adresser, bien que nombre d'ateliers européens eussent reçu des propositions.

Dans le présent travail, qui résume les notes recueillies en 1899 dans un voyage d'étude sur les principaux réseaux et dans les principaux ateliers de construction de locomotives des États-Unis, j'ai cherché, tout en passant en revue les dispositions des locomotives américaines, à mettre en évidence les principales raisons de ce bas prix de revient.

Le prix des matières premières, le taux des salaires, la plus ou moins grande simplicité du dessin des différentes pièces de la locomotive, l'outillage et les procédés de construction sont les principaux éléments qui peuvent faire varier le prix de revient.

La première partie de ce travail comprend les prix de revient de quelques locomotives, ainsi que des principales matières premières employées dans leur construction, quelques renseignements sur les salaires et l'étude du dessin des différentes pièces.

La deuxième est exclusivement consacrée aux procédés de construction et à l'outillage des ateliers.

Il aurait été intéressant de rechercher comme complément de ce travail si ce bas prix de revient et cette simplicité de construction ne sont pas compensées en pratique par une augmentation de la consommation de combustible et des frais d'entretien.

Il ne m'a pas été possible de tirer parti, à ce point de vue, des chiffres qui m'ont été obligeamment fournis dans beaucoup de Compagnies.

On sait, en effet, combien les comparaisons des consommations de houille sont difficiles à faire avec quelque précision d'un réseau à l'autre, en raison des différences dans les tonnages remorqués, les profils, les qualités de houille.

Pour ce qui est des comparaisons et des frais d'entretien, non seulement elles sont affectées par les différences de service, mais encore la manière d'évaluer ces frais varie notablement d'un réseau à l'autre, notamment suivant qu'on y fait figurer ou non les frais de renouvellement du matériel.

Il convient en outre de faire remarquer que les faibles consommations de locomotives de nos réseaux sont dues, en grande partie, au soin des agents qui tirent, des économies de houille, une partie importante de leurs salaires.

Toutes les modifications de détail dans le but de diminuer la consommation, telles que modification de la grille, de l'échappement, application de tubes Serve, d'une voûte en briques, etc., ont été, en France, l'objet d'une attention continuelle ; il n'en a pas été de même aux États-Unis, où la dépense de houille par kilomètre-train représente une somme généralement bien moins élevée que le salaire du mécanicien et du chauffeur.

Enfin, pour ce qui concerne les frais d'entretien, il convient de noter que si, d'une part, la plus grande robustesse du mécanisme, les facilités de montage, de démontage et d'accès à tous les organes, la plus grande simplicité des formes, favorisent la machine américaine, en revanche, le service très dur demandé aux machines, l'absence d'un personnel analogue à celui de nos dépôts, bien au courant de l'entretien des locomotives et les entretenant régulièrement, tendent à augmenter les frais d'entretien.

Si nous présentons ces observations relativement à la consommation de houille et aux frais d'entretien, ce n'est pas pour démontrer que, actuellement, la locomotive américaine est de tous points plus économique que la nôtre. Mais il est difficile d'admettre que des locomotives qui ont à peu près les mêmes dimensions de cylindres que nos machines, qui ont une surface de grille et une surface de tubes généralement plus élevée (conditions qui favorisent une vaporisation économique), qui ont un roulement très doux, et qui, d'autre part, ont des organes de forme simple et de section largement calculées, présentent, du seul fait de leur dessin général, de grandes différences de consommation ou de frais d'entretien avec les machines de construction européenne.

PRIX DE LOCOMOTIVES ET RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

Les Compagnies de chemins de fer américaines achètent généralement leurs locomotives chez des constructeurs spéciaux ; quelques-unes, cependant, en construisent dans leurs ateliers un certain nombre. C'est ainsi que les ateliers du New-York central, à Depew et à West-Albany, ainsi que ceux du Chicago Millwaukee and Saint-Paul, à Millwaukee, construisent quelques locomotives. Mais les machines construites dans ces ateliers ne forment qu'une très faible partie de l'équipement de ces réseaux. Seule, la Compagnie du Pensylvania Railroad construit la presque totalité de ses locomotives.

Nous donnons ci-contre des tableaux donnant les prix de revient de locomotives de divers types, ainsi que les prix des principales matières entrant dans leur construction. Deux de ces tableaux sont relatifs à des prix payés en 1899, deux autres, que je dois à l'obligeance de M. Pédezert, ingénieur des chemins de fer de l'État, sont relatifs aux prix payés en 1897-1898 ; on voit que ces prix présentent de grandes différences entre les années 1897 et 1899, les matières premières ayant subi aux États-Unis, comme en France, une hausse considérable.

PRIX DES LOCOMOTIVES AUX ÉTATS-UNIS
(Juin-Août 1899).

Le tableau ci-dessous donne les prix de vente de quelques locomotives américaines de type récent (les prix de revient pour le *Pennsylvania et le Canadian Pacific*). Ces prix comprennent le prix du tender ; quant au poids, c'est le poids de la machine en ordre de route, le seul qui intéresse les Américains.

COMPAGNIE	TYPE	CYLINDRE	POIDS en ordre de route		PRIX
			Locomotives	Tenders	
Chicago Millwaukee and Saint-Paul	Altantic (voyageurs)	330 × 559 × 660	64.000[k]	38.400[k]	59.800[f]
—	Teenwheeler (march[es])	343 × 584 × 660	67.000	34.500	57.300
Chicago North Western	Teenwheeler	508 × 660	70.600	42.400	65.000
Illinois Central	Voyageurs	495 × 660	65.300		61.200
— —	Marchandises	508 × 712	71.200		61.200
Pensylvania Railroad	Atlantic	520 × 660	78.500		64.600
— —	Mogul	558 × 712	84.500	49.500	68.700
Canadian Pacific, 6[c] à 7[c] la livre = 0 fr 68 à 0 fr 80 le kilog.					

PRIX DES PRINCIPALES MATIÈRES EN JUIN 1899

DÉSIGNATION DES MATIÈRES	PRIX AUX ÉTATS-UNIS	PRIX EN FRANCE
Tôle qualité virole	28f 70	26f 75
Emboutis	31,00	27,40
Foyers	31,60	
Bandages	52,00 (Midwale)	55,00 (Vickers) 51,75 (Creusot)
Corps de roues acier moulé	63,00 (Midwale)	45,00 (Belgique)
Ferrailles pour pièces de forge	12,30 vieux essieux 10,50 bonne ferraille	10,00 vieux bandages 7,50 ordinaire
Fonte	8,90 vieux corps de roues	
—	9,50 fonte très bonne qualité	
Coke de fonderie	12,30 Connelsville	
Cuivre, étain	Sensiblement les mêmes prix en France et aux États-Unis.	

PRIX COMPARÉS DE LOCOMOTIVES ET TENDERS.

	DÉSIGNATION	CONSTRUCTEURS	POIDS A VIDE			PRIX			
			Locomotive	Tender	Total	Total		Par kilog de l'ensemble	
Locomotives et tenders en Amérique 1897-1898	Type Consolidation pr Baltimore and Ohio South Western Railway	Baldwin	60.688	17,500	78.188	54.250		0.694	
	A voyageurs, à 8 roues, même Compagnie	id.	52.753	15.046	67.799	53.800		0.793	
	Atlantic, type pr Chicago Millwaukee St-Paul.	id.	55.479	15 650	71.129	56.115		0 788	
	American type	Altoona	55.000	12.000	67.000	65.000		0.970	
	Tenwheeler	id.	75.000	18.000	93.000	76.500		0.822	
	Consolidation	id.	77.000	40.000	117.000	75.000		0.640	
Locomotives françaises	Compound, type nord (série 2,700 État) 1896.	Société Alsacienne	46.000	12.000	58.000	64.800	M. 82.800 T. 12.000	1.63	M. 1.80 T. 1.00
	— (série 2,750 État) 1896.	Creusot	45.000	12.000	57.000	97.385	M. 84.885 T. 12 500	1.70	M. 1.88 T. 1.04
	Compound, 3 essieux accouplés, (1899)	Fives-Lille						1.95	
	Compound à bogies (1898), 4 cylindres 4 roues accouplées, tenders à 3 essieux	Société Alsacienne	53.000	18.000	71.000	110.570	M. 92.750 T. 17.820	1.55	M. 1.70 T. 0 99
	Machines à voyageurs, compound, type de Glehn, 4 essieux dont 2 accouplés		51.000	15.600	66.60 0	114.250	M. 97.460 T. 16.850	1.72	M. 1.94 T. 1.08

PRIX MOYENS DE DIVERSES MATIÈRES EN FRANCE ET EN AMÉRIQUE EN 1897-1898

	MATIÈRES	UNITÉ	PRIX — En France 1897	PRIX — En France 1898	PRIX — En Amérique 1897	PRIX — En Amérique 1898
	Métaux					
Fers	Tôles p^{r} chaudières (corps cylindriques et bouts emboutés).	100^{k}	26 fr. en fer	28.50 en fer	16,85 en acier	16, 5 en acier
Fers	Barres et tôles de fer	100	17 à 33	17 à 33	12,36	12,36
	Cuivre pour foyer	100	177,80	180,80	131 »	137 »
Acier Martin-Siemens	pour bielles de tiges de piston	100	24,50	26 »	11,75	12 »
Acier Martin-Siemens	moulé, pour roues et châssis	100		53 »	39 »	33 »
Acier Martin-Siemens	pour bandages	100	24,15	26,35	44 »	44 »
Fonte	bocage de bonne fonte mécanique	100	8 »	8,36	4,50	4,50
Fonte	vieux corps de roues				5 »	5,12
Fonte	bonne fonte en gueuses (comparable à la fonte au bois).	100	17,70	17,50	5,25	5 »
Fonte	pour locomotives				18,43	18,54
Fonte	pour voitures et wagons				12,36	12,69
	Ferraille de bonne qualité	100	7.90	7,70	6,50	6,50
	Laiton	100	150 »	150 »	43,50	156,73
	Bronze	100	147 »	147 »	89,29	136,86
	Combustibles					
	Coke de fonderie	la tonne	27,75	28,30	8,50 pris au four	8,50 pris au four
Charbon	bitumineux	id.			5 »	5 »
Charbon	anthraciteux	id.			1,80	1,80

Dans les prix de 1899, la différence entre les cours des États-Unis et ceux de France est grandement diminuée, ce qui montre qu'il ne convient pas d'attribuer uniquement au bas prix des matières les prix très réduits que nous avons donnés plus haut.

Les prix de 1899 que nous donnons pour les tôles de chaudière, corps de roues en acier moulé, bandages, pourront paraître, au premier abord, assez élevés, l'Amérique ayant toujours été le pays de la matière première bon marché.

On remarquera, en premier lieu, que les matières premières ont subi, en Amérique comme en France, une hausse considérable ; en second lieu, que les produits : bandages, corps de roues, tôle de chaudière, sont des produits fins, soumis à des essais minutieux.

L'industriel américain, qui paie la main-d'œuvre fort cher, perd de ses avantages pour la fabrication de ces produits sur ses concurrents européens. Les ateliers Krupp d'Essen peuvent ainsi fournir, aux États-Unis, un assez grand nombre de bandages et de corps de roues en fer forgé de petit diamètre.

Il convient, enfin, de rappeler, qu'il y a deux ans environ, les aciéries fabriquant des bandages ont demandé une élévation de droits de douane sur ces produits, pour protéger leur industrie.

Il est d'ailleurs possible que les grands établissements qui ont des marchés avec des fournisseurs aient des réductions sur les prix donnés plus haut, qui sont (sauf ceux des corps de roues et des bandages recueillis aux aciéries de Mildvale) ceux des mercuriales des journaux spéciaux consacrés à l'industrie du fer. Mais ces différences ne peuvent infirmer la conclusion qui ressort des chiffres précédemment donnés : qu'il ne faut chercher

que dans une faible mesure la raison des bas prix de la locomotive américaine dans les prix de la matière première aux États-Unis [1].

Il faut encore moins en chercher la raison dans un moindre taux des salaires.

Dans la partie de son travail « l'ouvrier Américain », M. Levasseur donne, en 1893, comme moyenne des salaires aux ateliers Baldwin, 11 fr. 25 et cite les chiffres suivants : Manœuvres, 7 fr. 80 ; ouvrier conducteur de machine-outil, à la journée, en moyenne, 11 fr. 40 ; en tâche, certains arrivent à 22 fr. 80. Forgeron, de 13 à 24 fr. 30. Marteleurs, jusqu'à 30 francs par jour.

Voici quelques chiffres recueillis sur place :

A Altoona, le salaire d'un conducteur de machine-outil est en moyenne de..............................	11 fr. 70
Celui d'un bon monteur, est de......................	13 à 15 fr. 60
Aux ateliers du Chicago and North Western, on paie un chaudronnier..................................	14 fr. 55
Le salaire d'un manœuvre, à la chaudronnerie est de...	8 fr. 50
D'un autre manœuvre............................	7 fr. 50

Ces prix sont souvent dépassés dans les ateliers de l'Industrie privée, par les hommes travaillant aux pièces.

Aux Pittsburgh Locomotive Works, le salaire moyen est d'un peu plus de deux dollars ou 10 fr. 40, en comprenant les manœuvres et apprentis.

(Si on compare ces prix avec ceux donnés par MM. Sauvage et Fonbonne, en 1887, on verra qu'ils présentent un accord satisfaisant, la main-d'œuvre ayant augmenté depuis aux Etats-Unis.)

Nous sommes donc loin des 5 fr. 50 à 6 fr. 50 qui constituent en France le salaire moyen des bons conducteurs de machines-outils et ouvriers tourneurs.

C'est donc dans le dessin plus simple, l'outillage plus puissant et mieux approprié au travail qu'il faut chercher la raison des bas prix des machines américaines.

Dessin de la locomotive américaine.

Les locomotives américaines comportent un certain nombre de *dispositions générales* dont les constructeurs ne *s'écartent jamais*, et que l'on retrouve aussi bien dans les machines d'express à deux essieux moteurs que dans les machines à marchandises à huit roues couplées.

Les cylindres sont uniformément placés à l'avant et à l'extérieur des longerons et sont boulonnés entre eux suivant le plan médian de la locomotive ; la partie comprise entre les longerons forme entretoise des longerons à l'avant et, en même temps, tuyau d'admission et d'échappement.

Les longerons en fer forgé ou en acier moulé ont toujours une très forte épaisseur : 100 à 110 millimètres. Ils sont entretoisés par le bloc des cylindres et par une pièce en fonte ou en acier moulé qui forme tablier et attelage à l'arrière. En dehors de ces deux

1. Comme confirmation de ce qui précède, je donne ci-dessous la traduction d'une lettre de M. Pitkin, vice-président et directeur général des ateliers de Schenectady :

Schenectady, 28 août 1899.

.. ..En réponse à votre lettre du 17 courant nous avons l'honneur de vous informer que le prix des matières entrant dans la construction des locomotives est très variable.

Actuellement le prix de la tôle de chaudière est de 3 cents la livre (34 fr. 40 les 100 kil.) celui de la tôle de foyer de 3 c. 10 à 3 c. 60 la livre (35 fr. 50 à 41 fr. 30 les 100 kil.) la bonne ferraille vaut environ 20 dollars la tonne de 2.000 livres (109 fr. les 1.000 kil.) les bocages de fonte de bonne qualité 16 dollars la tonne (85 fr. 60 les 1.000 kil.).

pièces, qui jouent le même rôle que nos caissons en tôle ou en acier moulé, il y a un certain nombre d'entretoises qui maintiennent l'écartement des longerons, mais ne servent généralement pas à raidir le châssis et ne pourraient s'opposer aux mouvements longitudinaux des longerons.

Le mécanisme de distribution est *invariablement placé à l'intérieur et attaque le tiroir placé* à l'extérieur au moyen d'un arbre de renvoi.

Enfin, la chaudière, au lieu d'avoir le foyer compris entre les longerons, repose sur la tranche supérieure des longerons ; elle est boulonnée à l'avant au bloc des cylindres et se dilate par l'arrière.

Nous examinerons le dessin des différentes parties dans l'ordre suivant : longerons et châssis, cylindres, mouvement moteur et mouvement de distribution, roues et suspension, chaudière et accessoires.

Châssis.

Longerons. — Les longerons sont, dans toutes les machines américaines, en fer forgé ou en acier moulé ; ils ont, dans tous les cas, un très fort équarrissage. Leur dessin varie avec les types de machine et les Établissements de construction ; ils sont en deux ou trois parties solidement assemblées par des boulons, avec interposition de clavettes qui soulagent les boulons d'une partie de l'effort de cisaillement.

Les fig. 1 et 2 représentent deux types de longerons ; le premier appartient à une

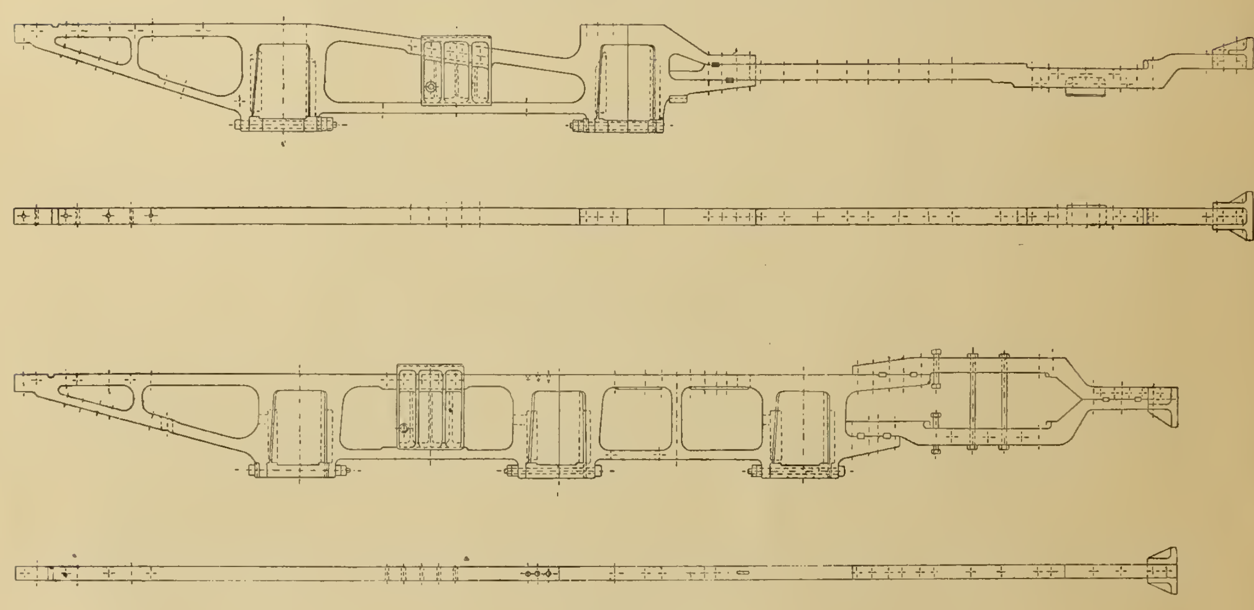


Fig. 1 et 2.

machine du type « Américain » ; le deuxième à une machine à trois essieux couplés et à bissel. A peu près toutes les formes de longerons employées en Amérique dérivent de ces deux types.

La deuxième forme permet une meilleure fixation des cylindres au châssis ; elle est employée pour les machines puissantes travaillant avec de fortes admissions ; tandis que la première forme convient mieux pour les machines à grande vitesse.

On renforce quelquefois le deuxième assemblage par une entretoise de la forme indiquée par la fig. 3. On trouve d'ailleurs dans les procedings « de l'Association des Master

Mechanic », en 1898, page 160 à 197, deux rapports étendus sur cette question ; l'un de ces rapports porte la signature de M. Sague, ingénieur des Ateliers de Schenectady.

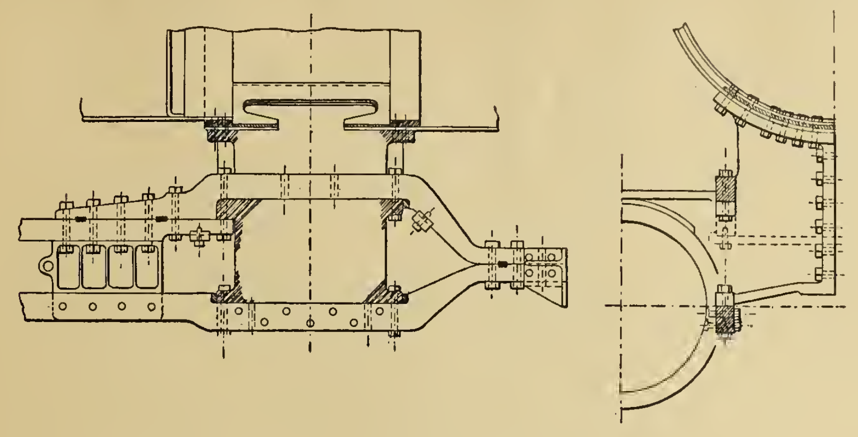


Fig. 3.

Entre les cylindres et l'arrière de la chaudière, les longerons ne sont entretoisés par aucun caissonnement. Les seules entretoises, que l'on trouve en nombre d'ailleurs variable

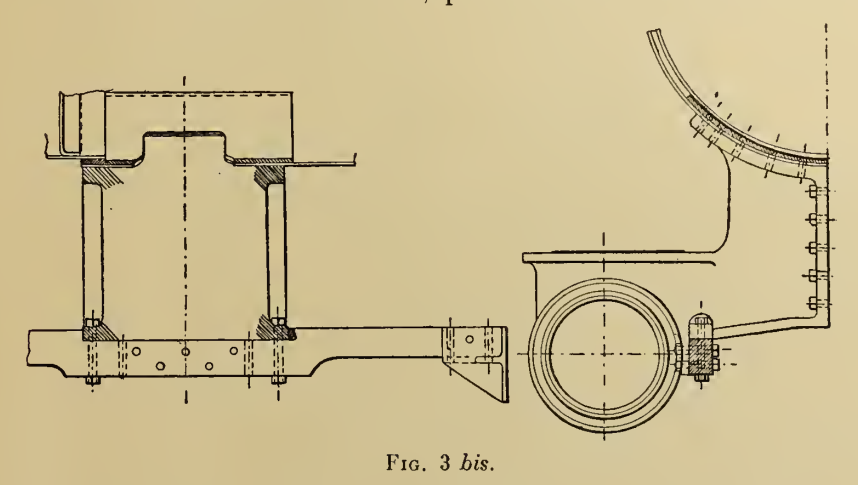


Fig. 3 *bis*.

avec les types de machines, sont des entretoises en fer forgé ou en acier moulé emboîtant

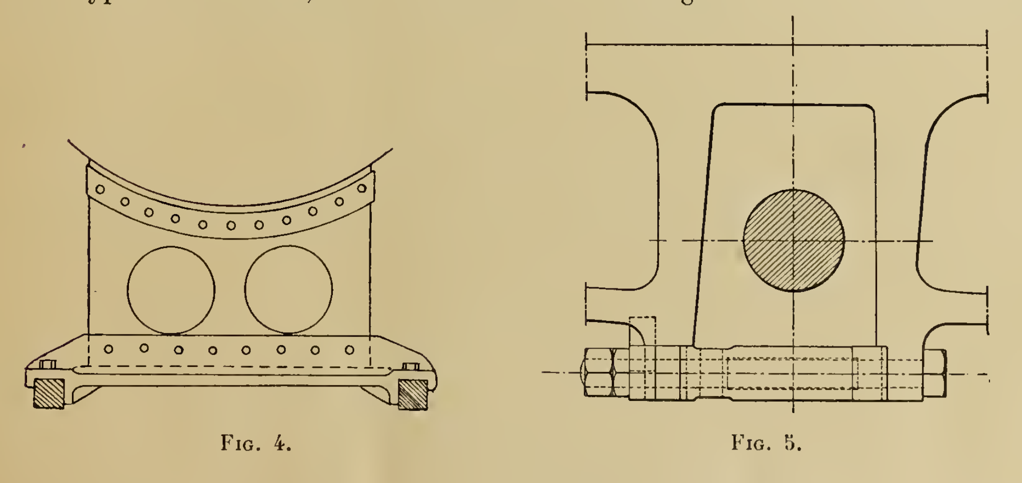


Fig. 4. Fig. 5.

les longerons, comme le montre la fig. 4. Ces entretoises servent généralement d'attache aux supports de dilatation des chaudières.

La pratique courante, jusque dans ces dernières années, était de ne relier transversalement les longerons que par ces entretoises de faible section, de sorte que l'ensemble des cylindres était pratiquement la seule pièce s'opposant au mouvement des longerons suivant leur axe sous les réactions accompagnant chaque coup de piston. Cet entretoisement sommaire paraît insuffisant aujourd'hui avec les locomotives de grande puissance, et on ajoute à l'avant ou à l'arrière, quelquefois à l'avant et à l'arrière, deux entretoises en fonte ou en acier moulé boulonnées aux longerons sur une longueur de 0 m. 60 à 0 m. 80.

Les machines à grande vitesse du Baltimore and Ohio, à trois essieux couplés et à bogie, comportant une entretoise (deck-plate) de ce type, placée à l'avant des cylindres, derrière la traverse de tête.

Les entretoises de plaque de garde sont de deux types distincts représentés par les fig. 5 et 6. L'entretoise (fig. 5) se compose d'une pièce en fonte ou en acier moulé creuse dans son milieu et traversée par un boulon qui serre les deux extrémités des pieds droits contre l'entretoise.

La fig. 6 représente une entretoise qui se rapproche davantage des entretoises de

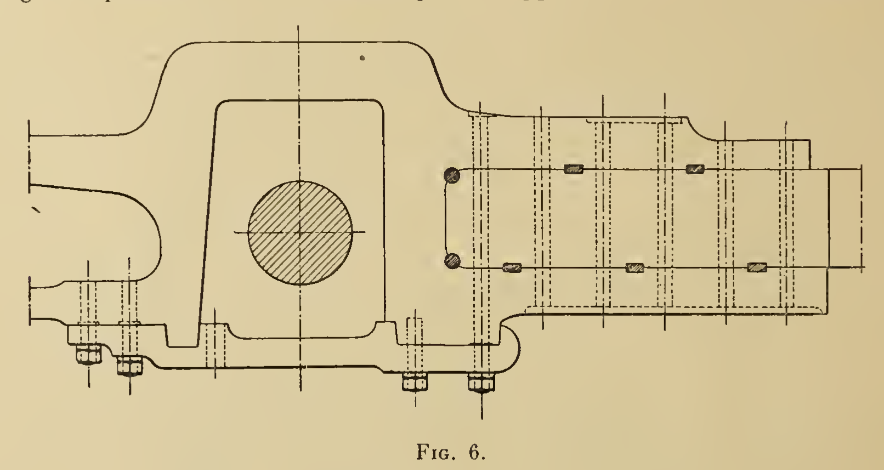


Fig. 6.

plaque de garde employées sur nos locomotives ; les extrémités des pieds droits sont terminées en coin de façon à avoir un serrage énergique. Il est très important que l'entretoise ne prenne aucun jeu, car le longeron américain n'offre pas la même résistance à la flexion au-dessus de la boîte à graisse que le longeron en tôle de grande hauteur renforcé soit par une tôle de renfort soit par une pièce en acier moulé comme dans les locomotives anglaises.

Ce mode de construction du châssis, qui dégage complètement le milieu des longerons depuis l'arrière des cylindres jusqu'à l'avant de la boîte à feu, permet de loger avec une grande facilité à l'intérieur du châssis tout le mouvement de distribution, qui est toujours très accessible.

Les longerons de forte section permettent, en outre, de faire reposer directement sur leur tranche, sans avoir recours à des supports boulonnés en porte à faux, les paliers de l'arbre de relevage et les supports de tiges de suspension.

Tous les supports, entretoises, etc., fixés sur les longerons le sont à l'aide de boulons ; *il n'entre pas un seul rivet dans la construction du châssis*, ce qui facilite beaucoup le démontage et le montage pour l'exportation.

Quant à la traverse AV, très généralement en bois recouvert de tôle, elle est boulonnée sur de fortes équerres en fonte, boulonnées elle-mêmes aux longerons ; ces équerres sont indiquées sur les plans données plus haut. Dans plusieurs machines construites récemment par les ateliers Brooks, la traverse de tête est formée d'un fer en U de forte section, cette disposition analogue à celle employée pour les châssis de wagons est,

croyons-nous, plus solide et moins coûteuse que celle qui consiste à constituer la traverse de tête d'un assemblage de tôle et de cornières.

Le longeron est la pièce caractéristique de la machine américaine. Il permet des simplifications et certaines dispositions de la suspension qui sont inapplicables avec les longerons en tôle.

Cylindres. — Les cylindres sont, sans aucune exception, placés à l'avant de la machine et à l'extérieur; ils sont boulonnés entre eux suivant le plan médian de la locomotive, et la partie située entre les deux longerons forme le support ou « saddle » (selle) auquel est boulonnée la chaudière.

Cette disposition (fig. 7) supprime toute tuyauterie et toute culotte d'échappement, le tuyau d'échappement se trouvant boulonné directement sur l'ensemble des cylindres à l'endroit où débouchent les deux conduits d'échappement venus de fonte avec les cylindres. Les tuyaux de prise de vapeur se logent très facilement dans la boîte à fumée

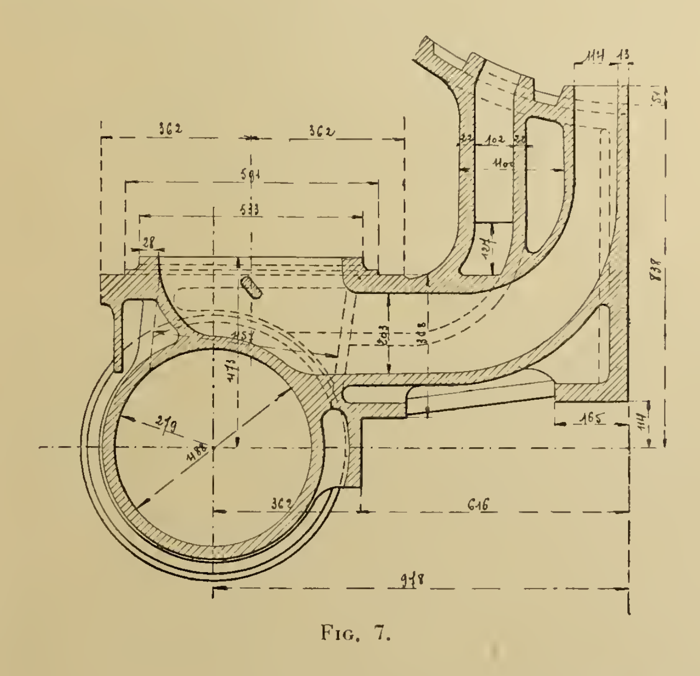


Fig. 7.

et viennent aboutir aux conduits de prise de vapeur, venus également de fonte avec les cylindres.

L'attache des cylindres aux longerons est, dans les machines américaines, un point délicat. On ne dispose plus ici comme dans nos longerons en tôle, d'une large surface d'appui permettant de fixer le cylindre par deux lignes horizontales de boulons et une ou deux lignes verticales. Les deux dessins de longerons donnés plus haut montrent comment sont disposés les boulons de fixation, les unes perpendiculaires à la face du longeron, les autres parallèles.

Le longeron est d'ailleurs mortaisé au droit des cylindres, comme le montre les fig. 1 et 2 de façon à encastrer les cylindres, et des clavettes, dont la coupe est également figurée, servent à maintenir cet assemblage bien rigide. (Voir également à ce sujet les procedings de l'Assemblée des Master Mechanic, pour 1898.)

La boîte à vapeur est séparée du cylindre et y est fixée à l'aide des boulons qui traversent ses parois. Cette disposition facilite beaucoup le dressage des glaces de tiroirs, surtout quand il se fait à la main lors des réparations.

Les cylindres de droite et de gauche sont interchangeables, ce qui est une notable économie tant au point de vue de la confection des modèles que de la diminution de l'ap-

provisionnement de cylindres de rechange. Les fonds de cylindres, toujours coulés à part, diffèrent seuls suivant qu'ils doivent donner passage à la tige de piston et servir d'attache aux glissières de piston ou simplement fermer le fond AV du cylindre.

En général, il n'y a pas de contre-tige de piston, sauf sur quelques puissantes

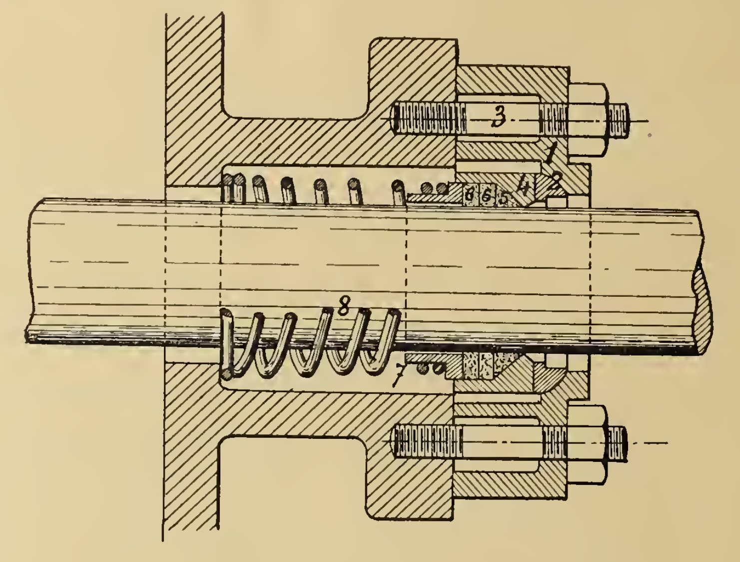


Fig. 8.

machines Compound à deux cylindres et sur quelques séries récentes de machines du New-York Central and Hudson River.

Les garnitures métalliques sont très souvent de deux types Jérôme et United States Metallic Packing (fig. 8), qui, d'ailleurs, se ressemblent beaucoup. Ces garnitures, maintenues par des ressorts, ont toute la flexibilité nécessaire pour suivre les déplacements de la tige de piston. Elles sont certainement plus souples, rayent moins les tiges et paraissent plus

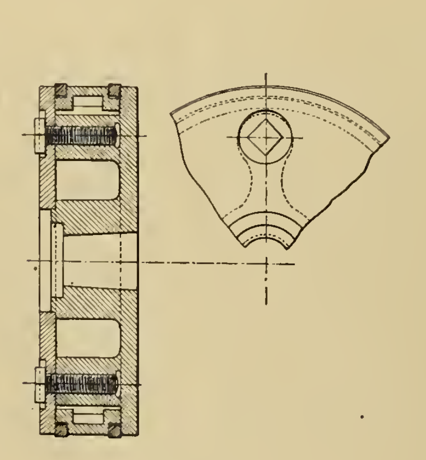


Fig. 9.

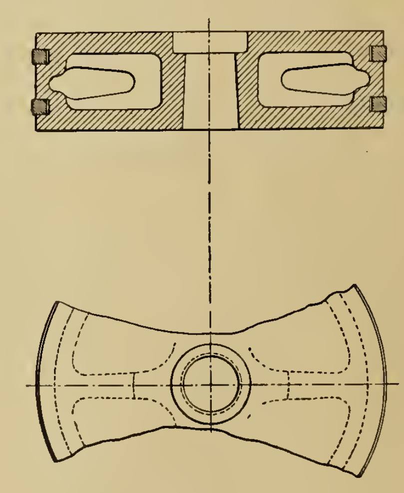


Fig. 10.

étanches que les garnitures métalliques rigides serrées dans les presse-étoupes. Ce type à de très faibles modifications près, a d'ailleurs été adopté en Angleterre, par le Midland Railway, et figurait sur diverses locomotives exposées à Vincennes en 1900.

Mouvement. — Les types de piston employés actuellement rentrent dans les trois catégories suivantes : « bull ring », « box type » et « single plate ».

Le type « bull ring » est représenté par le croquis ci-contre (fig. 9).

Au corps du piston, est boulonné un disque serrant un anneau en fonte comportant deux rainures latérales qui servent de logement aux deux segments; des goujons empêchent les segments de tourner et sont disposés de manière que les joints des segments ne soient pas vis-à-vis l'un de l'autre et se trouvent placés de part et d'autre de la génératrice inférieure du cylindre (cette disposition des segments est d'ailleurs assez générale).

Le type dit box type (fig. 10) n'a pas besoin de description, ainsi que le « single plate » (fig. 11).

Le type « Bull-Ring » a pour lui l'avantage de se réparer facilement; en cas d'usure du piston, tout se borne à remplacer la grosse bague centrale.

Le type « box type » est d'une construction très facile; le dressage des faces peut se faire très rapidement; de plus, avec ce type, comme avec le précédent, on peut employer des fonds de cylindres plats, ce qui simplifie leur usinage.

Le type « single plate », qui se fait en acier moulé, a l'avautage d'être plus léger, mais, par contre, nécessite des fonds de cylindres moins simples. Ce type se fait quelquefois avec centre en acier moulé et contour en fonte.

Les segments sont généralement beaucoup plus étroits et plus épais que les nôtres : au Pensylvania ils ont 12 millimètres de large, sur 17,5 d'épaisseur.

La tige du piston est emmanchée coniquement dans le piston, à la presse, et mainte-

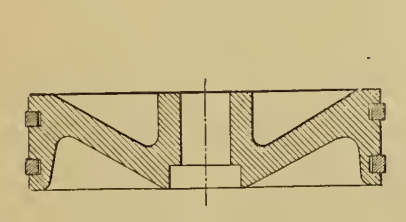


Fig. 11.

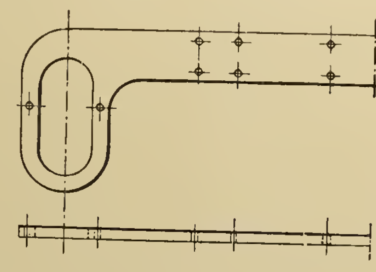


Fig. 12.

nue par un écrou. Dans les pistons du Pensylvania le cône de la partie de la tige emmanchée dans le piston est de 1/36; la pression de calage est de 5.500 kilog.

Les têtes de piston diffèrent suivant que les glissières sont doubles ou quadruples.

Dans le premier cas elles affectent deux formes différentes, selon que les glissières sont placées toutes les deux au-dessus de l'axe du cylindre, disposition que l'on rencontre assez souvent dans les machines à marchandises à roues de petit diamètre, ou (fig. 12 *bis*), de part et d'autre. Les joues de ces deux types sont toujours rapportées.

Le type à glissière quadruple est surtout employé dans les machines à grande vitesse, notamment dans les Compound Vauclain. Il permet, sans exiger un très grand poids, de donner une très grande surface aux parties frottantes.

Les glissières prennent, dans tous les cas, appui sur le fond de cylindre toujours rapporté et, par l'intermédiaire d'équerres, sur une forte pièce en fer forgé d'épaisseur uniforme, appelée « Yoke » ou joug (fig. 12), qui est boulonnée sur des supports spéciaux fixés sur le longeron. Cette disposition se retrouve dans toutes les machines américaines.

On fait quelquefois ce joug en acier moulé, auquel cas il est venu de fonte avec les attaches on pattes qui servent à le fixer aux longerons et aux glissières.

Bielles. — La bielle motrice est très souvent, dans les machines à glissière quadruple, du type à double chape représenté par la fig. 13; la forme 14 est également très employée soit avec les glissières quadruples, soit avec les glissières doubles, la bielle à fourche n'est

pas employée. Les bielles d'accouplement sont (fig. 15) très souvent du type à bague, on en fait cependant aussi beaucoup avec coussinets permettant le rattrapage de jeu.

Dans les machines de construction un peu soignée, les bielles, tout au moins les bielles motrices, sont à section en I.

Mouvement de distribution. — Le mouvement de distribution des machines améri-

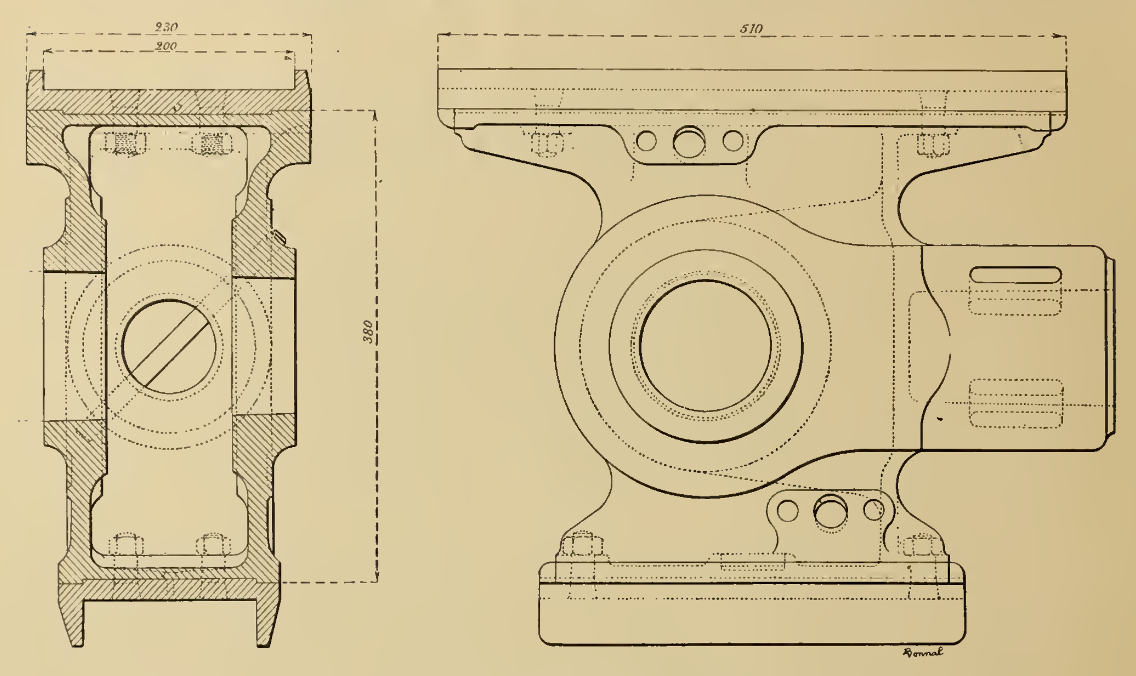


Fig. 12 *bis*.

caines est invariablement du type à coulisse Stephenson suspendue en son milieu et placé à l'intérieur des longerons. Les poulies d'excentriques en deux pièces sont boulonnées ensemble et clavetées sur l'essieu.

Les colliers d'excentrique sont généralement en fonte et ne sont pas régulés [1]. Nous aurons l'occasion de revenir sur les dispositions au point de vue du graissage; pour le moment, nous nous contenterons de signaler l'économie de ce mode de construction.

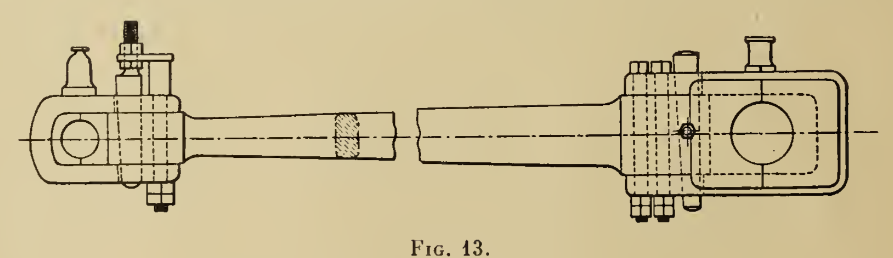


Fig. 13.

Les barres d'excentrique, dont la tête n'a que très peu de largeur sont simplement fixées par trois boulons au collier d'excentrique.

Les coulisses sont toujours simples, comme dans les machines anglaises, parfois en une seule pièce, et plus souvent en deux pièces réunies par deux entretoises dont une sert de graisseur.

L'axe de suspension est rapporté et boulonné en son milieu; en raison du travail en

1. On en fait cependant beaucoup en fonte malléable régulée.

porte à faux qui est imposé à la coulisse, on donne à cet axe, comme à celui du coulisseau, une très grande longueur.

La coulisse se trouvant à l'intérieur des longerons et le tiroir à l'extérieur, le renvoi

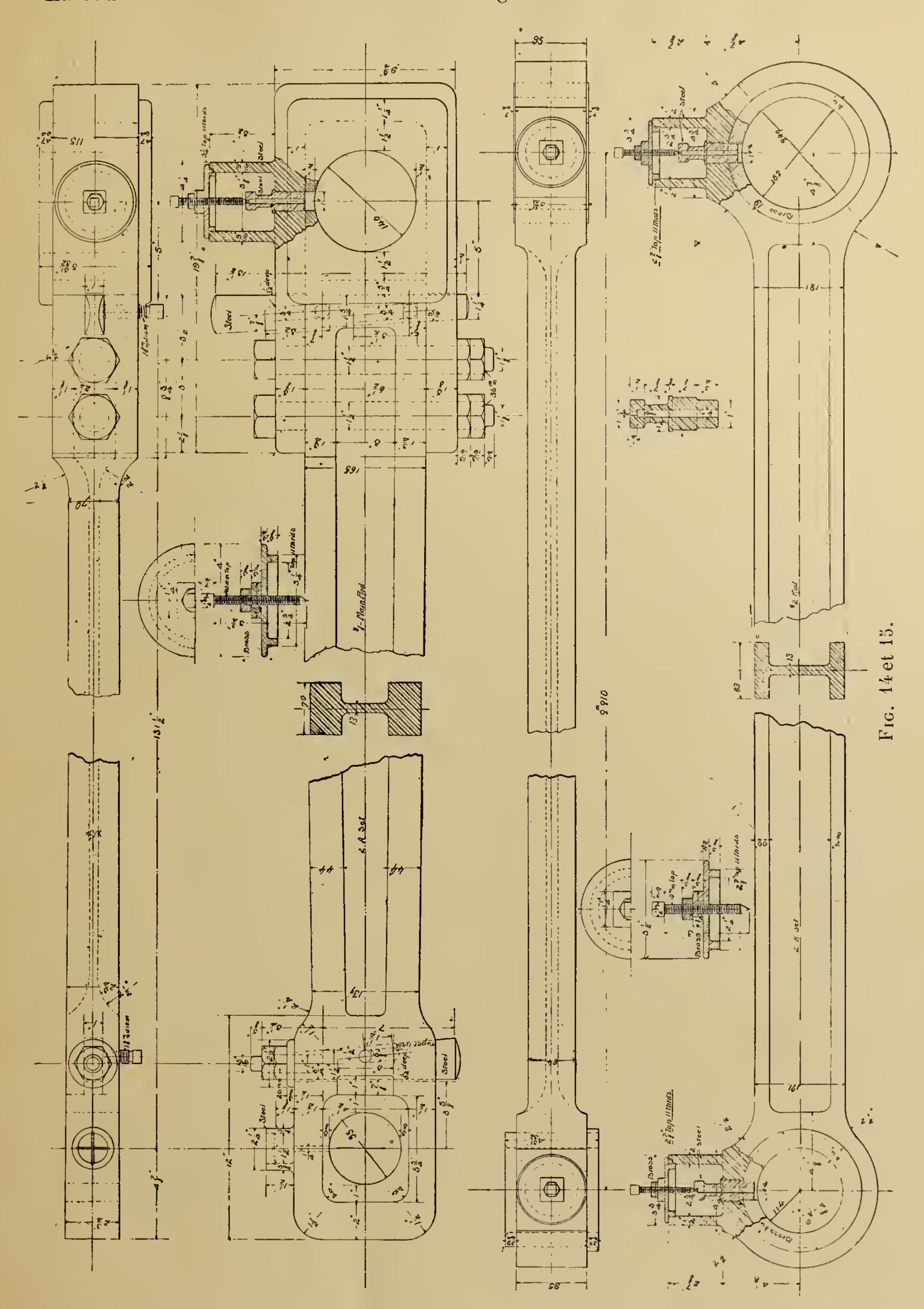


Fig. 14 et 15.

de mouvement se fait par un arbre coudé ou « Rocking shaft » que l'on fait aujourd'hui assez souvent en acier moulé (Schenectady), (fig. 17).

Cet arbre de renvoi, qui oscille dans un palier d'une grande longueur, boulonné sur le longeron, commande le tiroir par l'intermédiaire d'une tige d'assez petit diamètre; cette

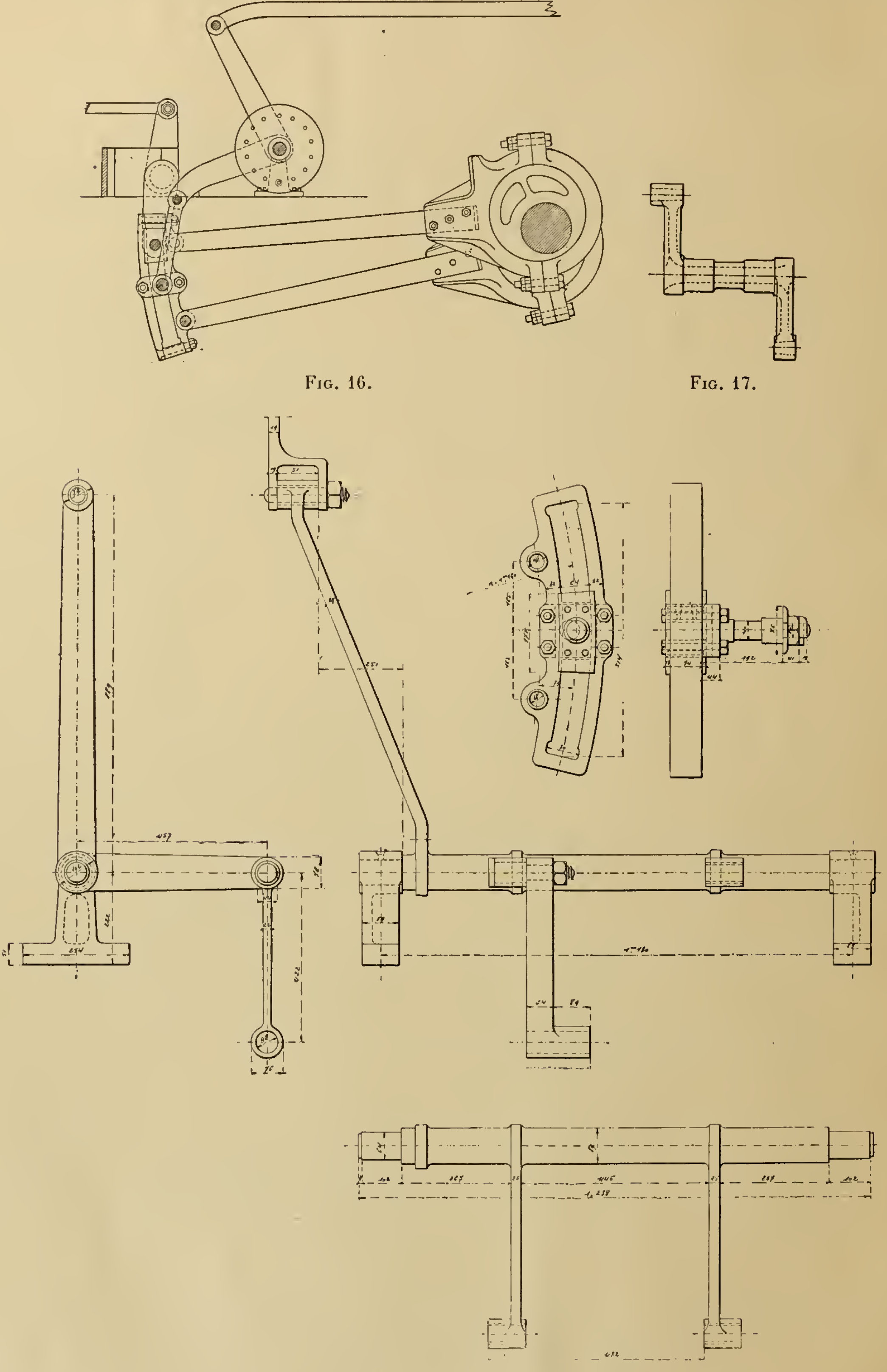


Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 18. — Mouvement de distribution.

tige est soumise à des efforts de flexion du fait que son extrémité décrit un petit arc de cercle; mais les tiges étant de petit diamètre et les garnitures flexibles, il ne paraît pas en résulter d'inconvénient.

Dans les machines à trois essieux couplés, l'essieu moteur sur lequel sont calées les poulies se trouvant éloigné des cylindres ; pour ne pas avoir de tige de tiroir trop longue, on conserve au rocking shaft sa place habituelle un peu en AR des supports des glissières de piston et on le relie au coulisseau au moyen d'une bielle coudée qui contourne l'essieu

Cette disposition du mouvement de distribution est extrêmement simple et d'une construction très économique.

On peut, toutefois, se demander si elle donnerait de bons résultats avec des pressions de 15 kilog., des tiroirs *non équilibrés et graissés d'une manière intermittente.*

Tiroirs. — *Les tiroirs sont toujours en fonte*, ce qui constitue une notable économie au point de vue du prix de revient de la construction.

Ils sont généralement du type Richardson et très souvent fournis par des construc-

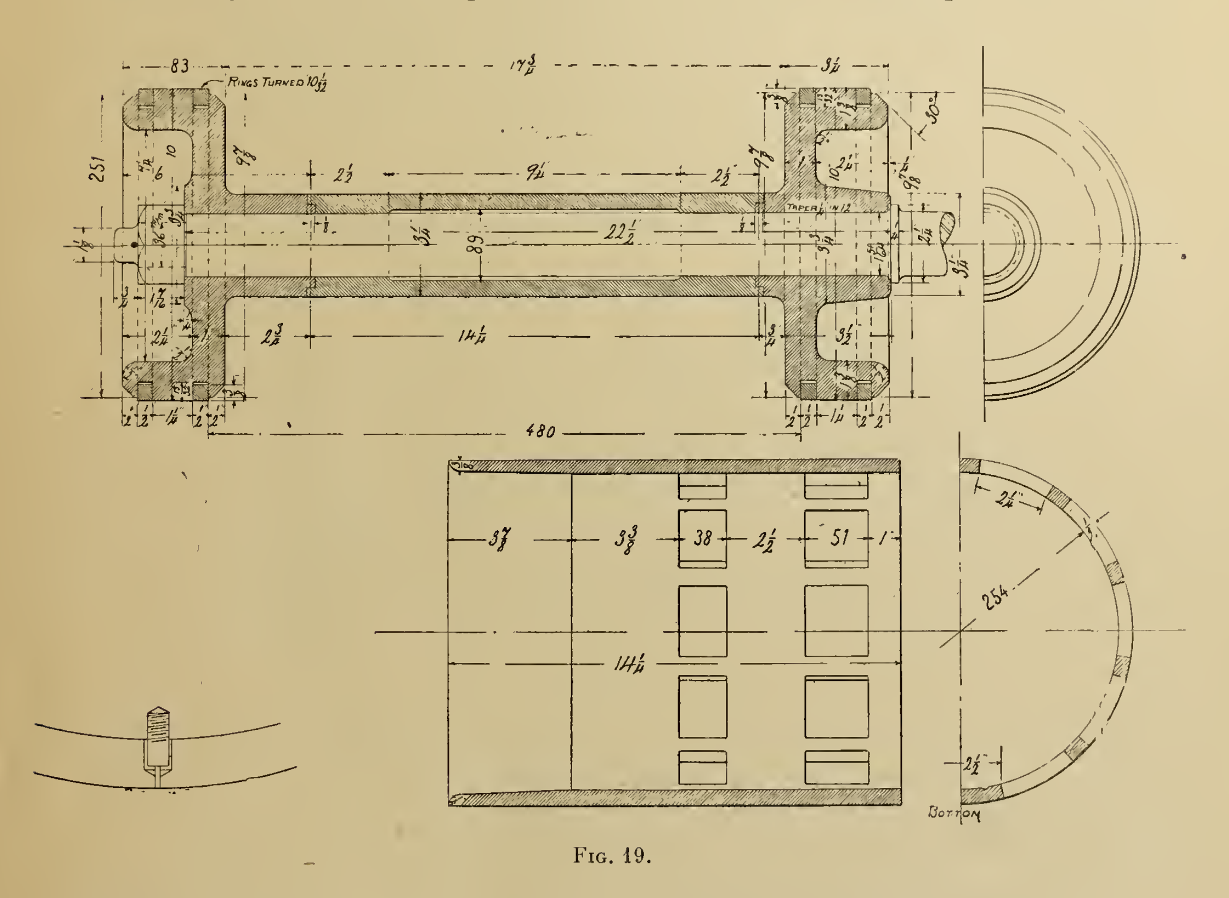


Fig. 19.

teurs spéciaux, la principale maison étant l' « American balanced slide valve Co » nous ne nous arrêterons pas à la description de ces tiroirs [1].

On peut s'étonner de la faveur dont jouissent les tiroirs équilibrés aux États-Unis, étant donné le peu de succès qu'ils ont obtenu en France où ils ont été essayés à différentes reprises.

Il convient de remarquer que les constructeurs américains ne se sont jamais préoccupés de la question de savoir si le tiroir équilibré était économique comme consommation de vapeur. Le tiroir équilibré est surtout, avec les dimensions et les pressions actuellement en usage dans les locomotives américaines, absolument nécessaire en raison de la disposi-

1. *Revue de Mécanique*, septembre 1901, p. 290.

tion adoptée pour la commande du mouvement de distribution et de la légèreté de ses organes.

En second lieu, les machines sont munies, pour la plupart, de soupapes de rentrée d'air qui diminuent beaucoup l'aspiration des gaz chauds dans la marche à régulateur fermé et par suite l'usure des tables.

Enfin toutes les locomotives sont munies d'excellents graisseurs des cylindres, qui graissent même à régulateur fermé en projetant l'huile divisée par un jet de vapeur.

Un certain nombre de machines construites dans ces dernières années sont munies de tiroirs cylindriques, notamment les machines compound Vauclain, dans lesquelles cette forme est à peu près nécessaire par suite de la disposition relative des deux cylindres.

En dehors de cette dernière application, le tiroir cylindrique est à la période expérimentale. Plusieurs formes de segments ont été essayées, la plus simple et celle qui paraît la plus répandue est la disposition des machines Baldwin dans lesquelles l'étanchéité est assurée par deux segments que l'on empêche de tourner à l'aide de petits goujons vissés dans le fond des rainures.

Dans ces tiroirs (fig. 19) le corps du tiroir est tourné presque exactement au diamètre d'alésage du fourreau, les segments sont tournés 10 millimètres plus fort que le diamètre d'alésage du fourreau; enfin, par suite de l'emploi de garnitures très flexibles, le

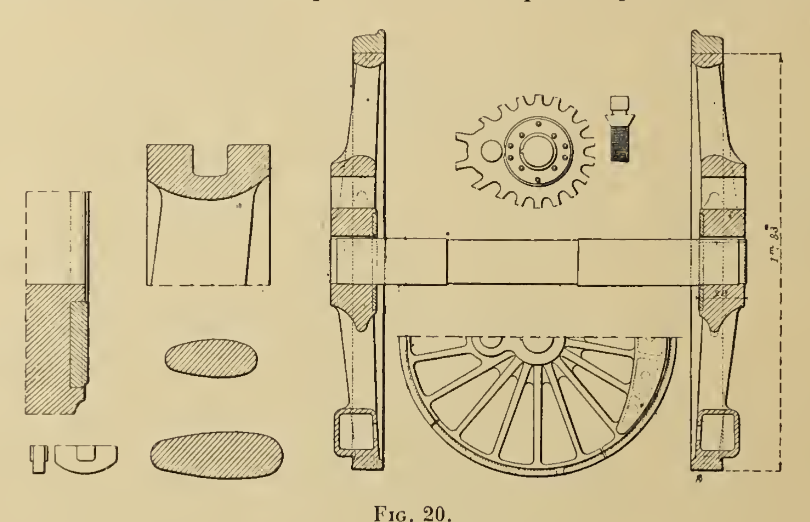


Fig. 20.

tiroir a toute facilité pour se placer, ce qui diminue les chances de coincement et d'usure inégale. Ajoutons enfin que les joints des segments sont maintenus aux environs de la génératrice inférieure du fourreau, position qui est reconnue avantageuse pour l'étanchéité; les lumières sont de plus interrompues au-dessous du joint du segment.

Roues. — Les roues, qui, il y a quelques années, étaient toujours en fonte, se font aujourd'hui en acier moulé. Le dessin des roues en acier moulé a hérité de la pratique suivie pour les roues en fonte où la fragilité naturelle du métal faisait une obligation absolue d'éviter toute cause de retrait inégal.

Le souci d'avoir des sections aussi uniformes que possible a conduit à tracer la jante avec un évidement, à ménager des évidements dans la partie du moyeu avoisinant le bouton de manivelle, à faire venir les contrepoids creux (ils sont remplis ultérieurement de plomb); enfin, pour laisser au retrait la possibilité de se produire dans une certaine mesure sans créer de tensions intérieures, à diviser la jante en quatre sections. On insère entre ces sections, avant l'embatage, des coins en fer ou en acier qui assurent la continuité de la jante.

Ces roues sont coulées sans aucune masselotte autre que les coulées, ce qui est évidemment une diminution très notable de travail pour le fondeur.

Je dois dire, au sujet de ces particularités de dessin, qu'interrogeant, dans une Aciérie, l'ingénieur chargé de la fonderie d'acier moulé, il m'a été répondu que les dessins actuels étaient, aux sections près, ceux suivis pour les roues en fonte ; qu'il ne pensait pas que la pratique d'évider les jantes et de les interrompre en trois ou quatre points eussent une grande valeur, mais qu'il croyait utile de faire venir le contrepoids creux et à le remplir de plomb.

Au prix actuel du plomb (50,50 les 100 kilos), cela n'augmente pas, aux États-Unis, le prix de revient du corps de roue.

Quoi qu'il en soit de ces observations, la pratique de diviser la jante et d'y ménager un évidement m'a paru à peu près générale.

Les Brooks Locomotive Works préconisent beaucoup un dessin de corps de roue avec rayon à section rectangulaire et angles arrondis, au lieu du rayon à section elliptique ; on trouvera le dessin d'un de ces corps de roues dans le *Railroad Gazette* du 5 février 1897.

L'aspect extérieur de ces corps de roues ne m'a pas paru supérieur à celui des corps de roues en acier moulé fabriqués en Belgique. Quant aux essais effectués sur le métal, on

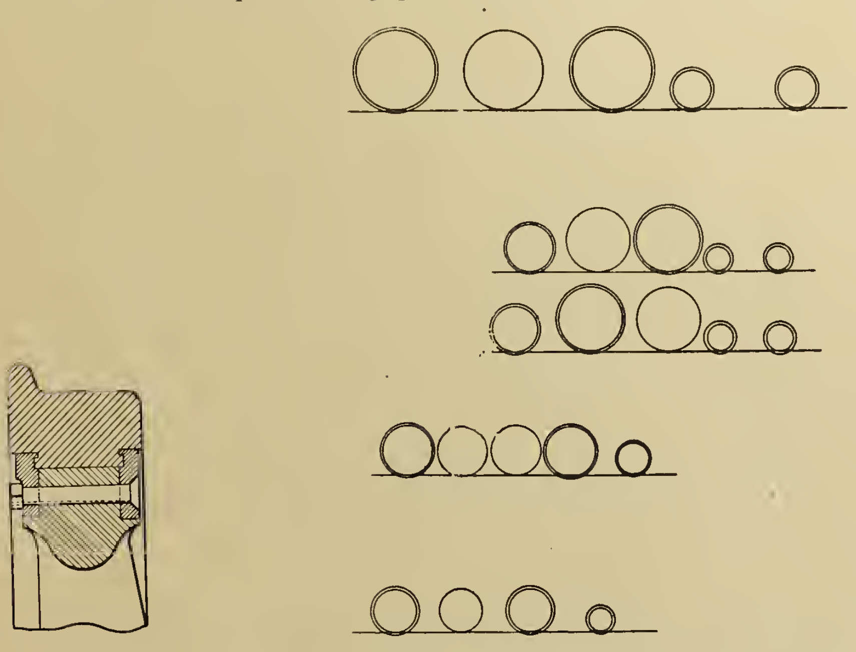


Fig. 21. Fig. 22. — Dispositions relatives des roues avec ou sans boudins.

m'a donné aux Ateliers de Schenectady, comme résultats obtenus couramment : 38 à 45 kilog. par millimètre carré, avec 20 à 25 p. 100 d'allongement.

L'acier moulé donnant de mauvais frottements, la face intérieure du moyeu, qui reçoit, dans les courbes, tout le frottement des joues des boîtes à graisse, est garnie d'une feuille de bronze. Cette feuille de bronze est pressée dans son logement et y est maintenue par rivetage du bord de ce logement ainsi que par une série de vis en bronze.

Fixation des bandages. — Les bandages sont souvent maintenus en place uniquement par embatage, sans aucune vis ou cercle de retenue. On en trouve néanmoins beaucoup aussi munis de cercles de retenue, comme le montre le dessin ci-contre (fig. 21) (machines du N. Y. C. and H. R. R).

Suppression des boudins (fig. 22). — La pratique la plus répandue est, dans les machines à trois essieux couplés et à bogie, de supprimer le boudin de la roue motrice du milieu, de

même dans les machines du type Atlantic (bogie, deux roues motrices et essieu porteur à l'AR) on supprime le boudin de la roue motrice AV. Enfin, dans les machines à quatre essieux couplés et à bissel du Pensylvania RR, on supprime les boudins sur les deux roues motrices milieu.

Un certain nombre de réseaux mettent cependant des bandages à boudins à toutes leurs roues, mais cette pratique ne paraît pas générale, bien que donnant une usine des bandages moindre suivant le rayon.

Essieux. — Les essieux de locomotives (fig. 23) sont cylindriques d'un bout à l'autre

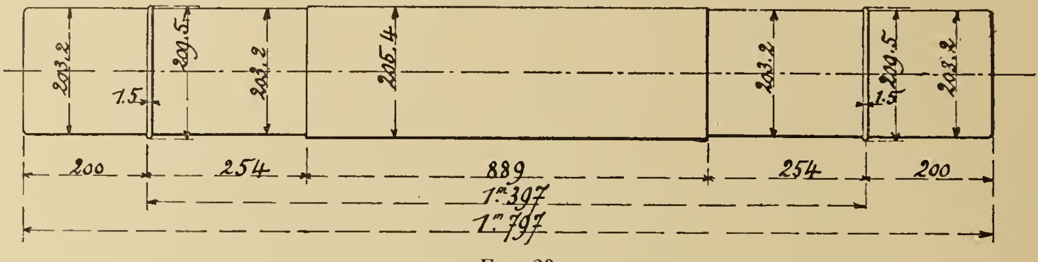


Fig. 23.

et la fusée n'est séparée du reste de l'essieu par aucun collet; c'est le moyeu du corps de roue qui reçoit la pression des boîtes dans les courbes.

La portée de calage est souvent tournée 3 à 4 millimètres plus faible que la fusée; cette dernière pratique ne saurait nullement être recommandée; il n'est pas besoin de rappeler que, il y a quelques années, un grave accident arriva, en Angleterre, par suite d'une rupture d'essieu dans la portée de calage, qui se trouvait plus faible que la fusée.

J'ai vu, toutefois, en construction aux Ateliers de Schenectady, des machines dans lesquelles la portée de calage était plus forte que la fusée.

Ces essieux, entièrement cylindriques et sans collets, sont d'une exécution facile tant

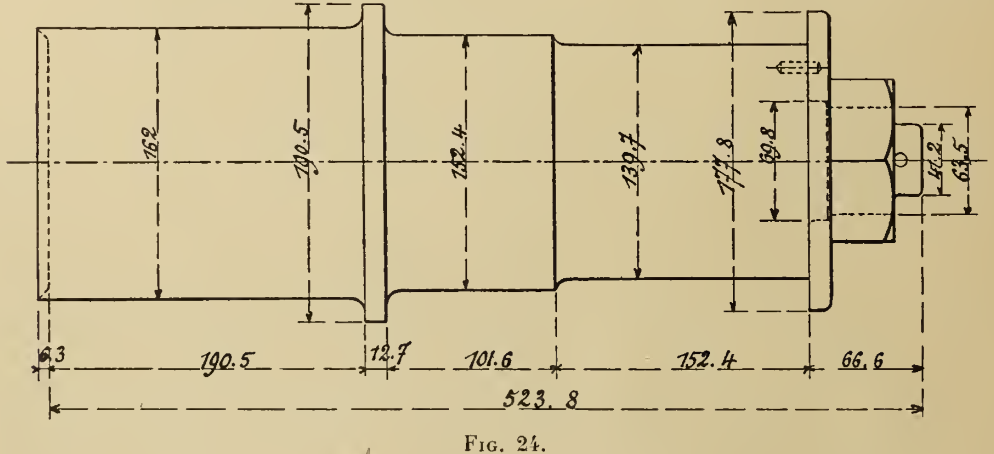


Fig. 24.

comme forge que comme tournage. Ce dessin doit aussi diminuer la tendance au chauffage dans les passages en courbe, car la pression des boîtes, au lieu de s'exercer sur les bords des collets, s'exerce par une large surface sur le moyeu du corps de roue, qui est garni, comme nous l'avons vu, d'une feuille de bronze.

Boutons de manivelles. — La fig. 24 représente un bouton de manivelle motrice; on remarquera le faible rayon des congés et la suppression du filet entre la portée de la bielle d'accouplement et la portée de la bielle motrice; cette disposition permet d'augmenter notablement les surfaces de frottement et permet aux frottements qui se produisent dans les courbes sur les congés de s'exercer sur de larges surfaces verticales.

Nous croyons que, sur ce point comme sur celui de la suppression des congés des fusées des essieux, il y a tout intérêt à suivre le dessin américain, et que c'est une erreur de croire que les congés de grand rayon diminuent la tendance au chauffage dans les passages en courbe.

Il est bien préférable d'avoir, pour supporter les frottements qui se produisent dans les passages en courbe, de larges surfaces verticales, constituant de véritables paliers de butée.

Presque tous les chauffages commencent à se produire sur les congés, et les ajusteurs de coussinets ont si bien remarqué ce fait qu'ils dégagent à la lime la partie du coussinet susceptible de venir en contact avec le congé de la fusée.

Boîtes. — Les boîtes en fonte ou en acier moulé sont souvent très lourdes ; les coussinets, dont les dessins ci-joints montrent la section, sont emmanchés à la presse dans leurs logements perpendiculairement à la face de la boîte ; ils y sont, en outre, maintenus par des goujons.

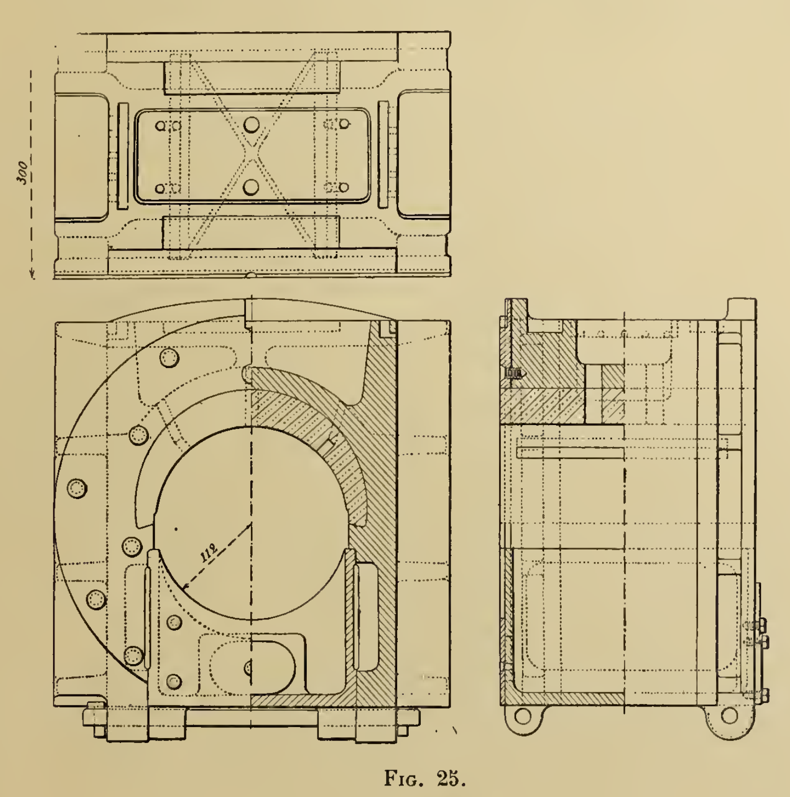


Fig. 25.

Ce dessin, outre l'avantage d'être d'une exécution très facile, comme nous le verrons plus loin, et de nécessiter un poids de bronze bien moindre que nos coussinets à joues et à emmanchement rectangulaire, a celui de présenter moins de chance de pincer en cas d'échauffement, les bords du coussinet se trouvant encastrés dans la boîte.

Enfin, elle maintient beaucoup mieux le coussinet en place que la forme carrée dans nos machines à grande vitesse, où, après 40 à 45.000 kilomètres, le coussinet est complètement décalé et tellement maté dans son emmanchement qu'il est souvent prudent de le remplacer au premier levage[1].

1. Cette forme d'emmanchement du coussinet paraît devoir se répandre ; elle était appliquée sous une des machines anglaises et sous une machine à marchandises figurant à l'Exposition de Vincennes en 1900. M. Von Borries, dans son ouvrage « *Die Eisenbahn technick der gegenwart* » dit que les résultats obtenus avec ce type de boîte sont très satisfaisants.

Les faces extérieures des boîtes en acier moulé sont garnies de métal antifriction ou d'une feuille en bronze. La fig. 26 indique la façon de maintenir en place le métal antifriction ou babbitt.

Quand la boîte est en fonte elle n'est pas garnie de métal antifriction.

Les dessous de boîtes sont en fonte ou en acier moulé ; dans ce dernier cas, ils sont également garnis de régule sur leur face extérieure. Ces dessous de boîtes sont remplis de déchet imprégné d'huile suivant la pratique américaine. Une ouverture, pratiquée dans la face interne du dessous de la boîte, et fermée par une plaque de tôle serrée sur du caoutchouc, permet de changer le déchet de temps en temps.

Cette disposition des dessous de boîtes n'est d'ailleurs pas générale ; beaucoup de dessous de boîtes ne comportent pas d'ouverture latérale, et il faut descendre le dessous de boîte pour renouveler le déchet.

Coins de réglage. — Les longerons ayant une grande épaisseur 100 à 110 millimètres, la pression des joues des boîtes, au lieu d'être transmise aux longerons par l'intermédiaire des glissières de plaque de garde, lui est directement appliquée ; mais, comme les

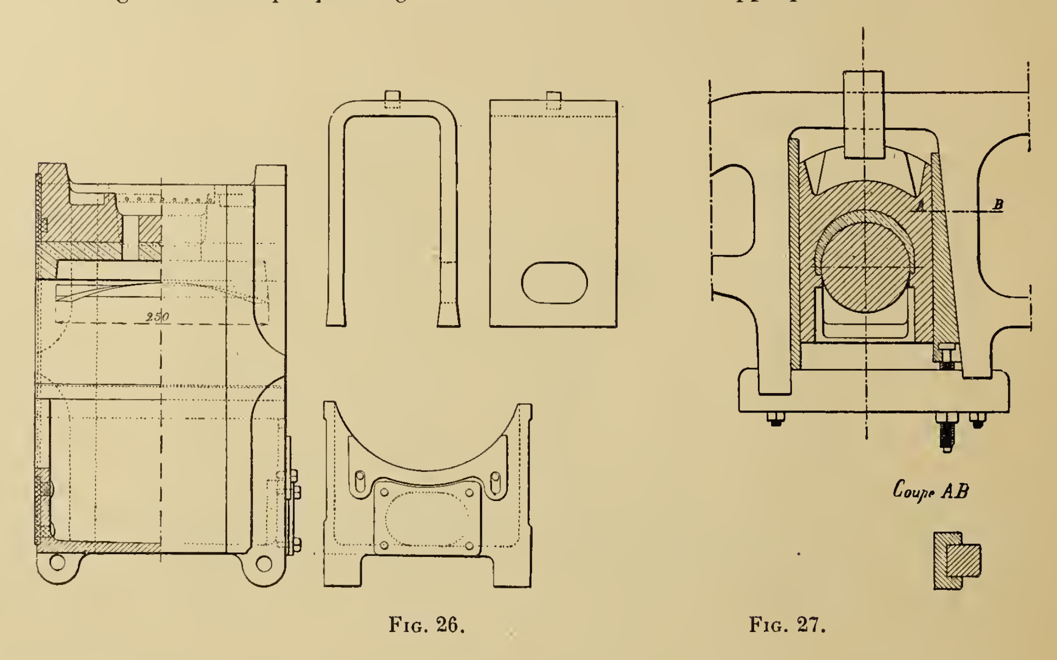


Fig. 26. Fig. 27.

longerons ne sont pas assez larges pour donner une surface d'appui suffisante, on rapporte, sur les côtés de l'évidement du longeron, des pièces qui jouent, au point de vue du frottement, le rôle de nos glissières de plaques de garde. Une de ces pièces est toujours fixe, l'autre tantôt fixe, tantôt réglable pour rattraper l'usure (fig. 27).

Ressorts et suspension. — Les ressorts de suspension des différentes roues sont réunis entre eux par des balanciers. Cette pratique est poussée aussi loin que possible. Nous donnons ci-contre le mode de suspension de deux machines puissantes du Pensylvania RR (fig. 28 et 29).

Dans la machine à grande vitesse type Atlantic, les deux roues motrices et la roue porteuse AR ont leur suspension conjuguée.

Dans la machine à marchandises du type Consolidation, il n'a pas été possible, en raison du support des glissières de piston, de conjuguer la première paire de roues motrices avec les autres ; mais sa suspension est conjuguée avec le bissel, comme d'ailleurs dans toutes les machines munies de bissel.

Dans toutes les machines comme les machines Compound récentes du Lehigh Valley,

les suspensions de toutes les roues sont conjuguées depuis le bissel jusqu'à la dernière paire de roues motrices.

Cette pratique de réunir tous les ressorts de suspension par des balanciers, et la bonne disposition de la suspension donnent une grande douceur au roulement des machines américaines.

Les chocs provenant des inégalités de la voie, du passage des aiguilles, traversées de

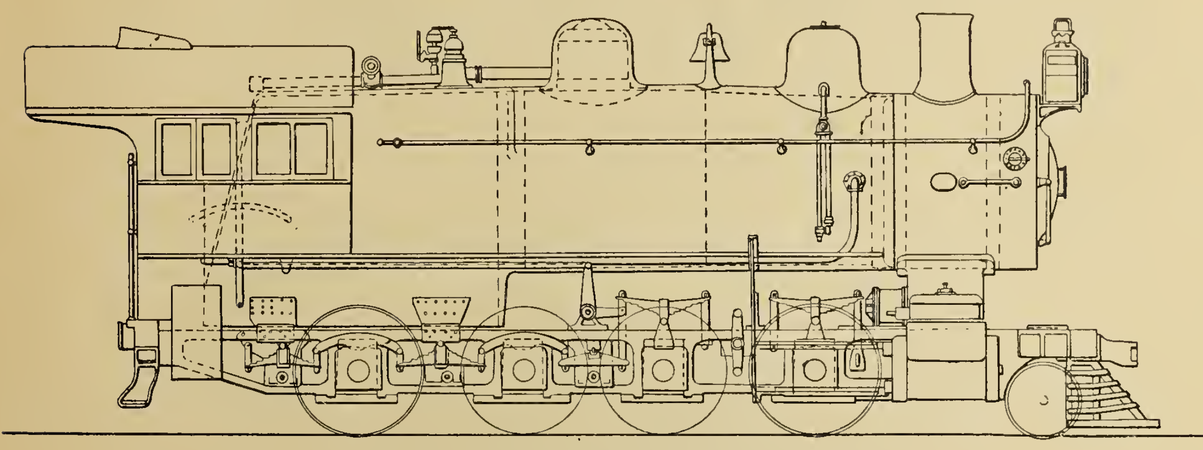


Fig. 28. — Type *Consolidation* du Pennsylvania Rr.

voies, etc., au lieu d'être transmis au longeron au droit d'une seule paire de roues, se trouvent répartis entre tous les ressorts et absorbés par leur ensemble.

La répartition des charges ne se trouve pas détruite par le fait de l'affaissement d'un ressort ; aussi les machines américaines ne sont-elles jamais munies de dispositif de réglage, ce qui simplifie notablement la construction des tiges de suspension.

Aussi, les ingénieurs américains font-ils circuler, sur des voies qui, souvent, ne sont

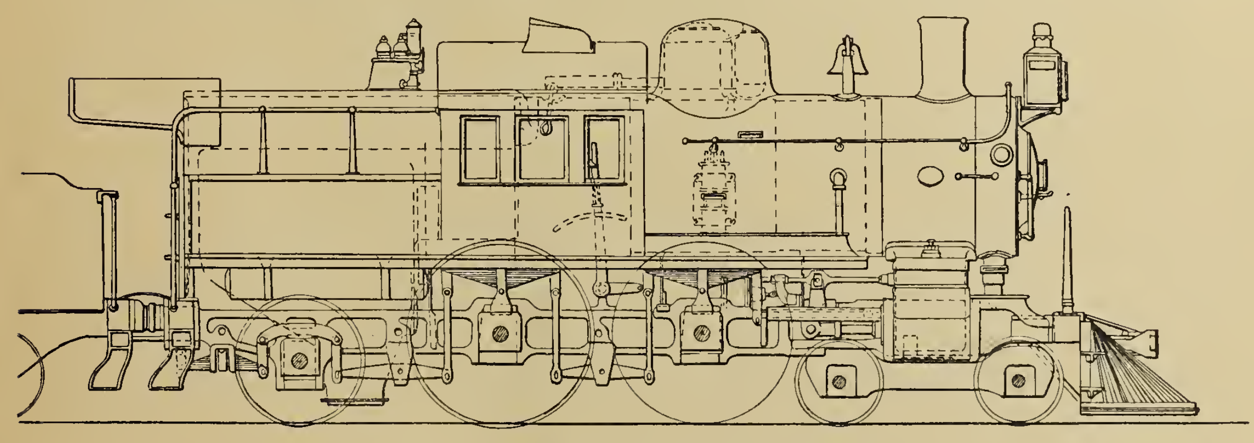


Fig. 29. — Type *Atlantic* du Pennsylvania Rr.

ni plus lourdes ni en meilleur état que les nôtres, des locomotives pesant plus de quatre-vingt-dix tonnes et portant vingt tonnes par essieu.

La disposition des ressorts varie suivant le type de machine, ils peuvent être placés au-dessus des boîtes, au-dessous ou entre les essieux dans les évidements du longeron.

Ressorts placés au-dessus des boîtes. — Quand le ressort est placé au-dessus du longeron, il appuie sur la boîte par l'intermédiaire d'un étrier dont les pieds reposent dans deux évidements rectangulaires venus de fonte sur le sommet de la boîte ; le détail de

eette pièee se voit très clairement sur la fig. 26 qui représente une boîte pour maehine du N.Y.N.H. and H.R.R.

Cette disposition était elassique dans les maehines amérieaines, jusqu'au moment où on a été foreé de l'abandonner dans beaueoup de locomotives, en plaçant le foyer au-dessus du longeron. Mais on la trouve très généralement employée pour les premiers et deuxièmes essieux des maehines à quatre essieux eouplés.

Ressorts placés au-dessous des boîtes. — Nous diviserons les dispositions de la suspension, dans ee cas, en deux classes, suivant que le ressort est suspendu par la partie supérieure du eollier ou qu'il repose simplement dans un support par la partie inférieure du collier.

La fig. 31 montre une disposition de la suspension que l'on reneontre fréquemment dans les maehines sortant des ateliers Baldwin.

Quatre tiges en fer rond, taraudées à leurs extrémités, traversent, dans toute leur longueur, les joues des boîtes à graisse et supportent deux à deux des pièees en fer forgé.

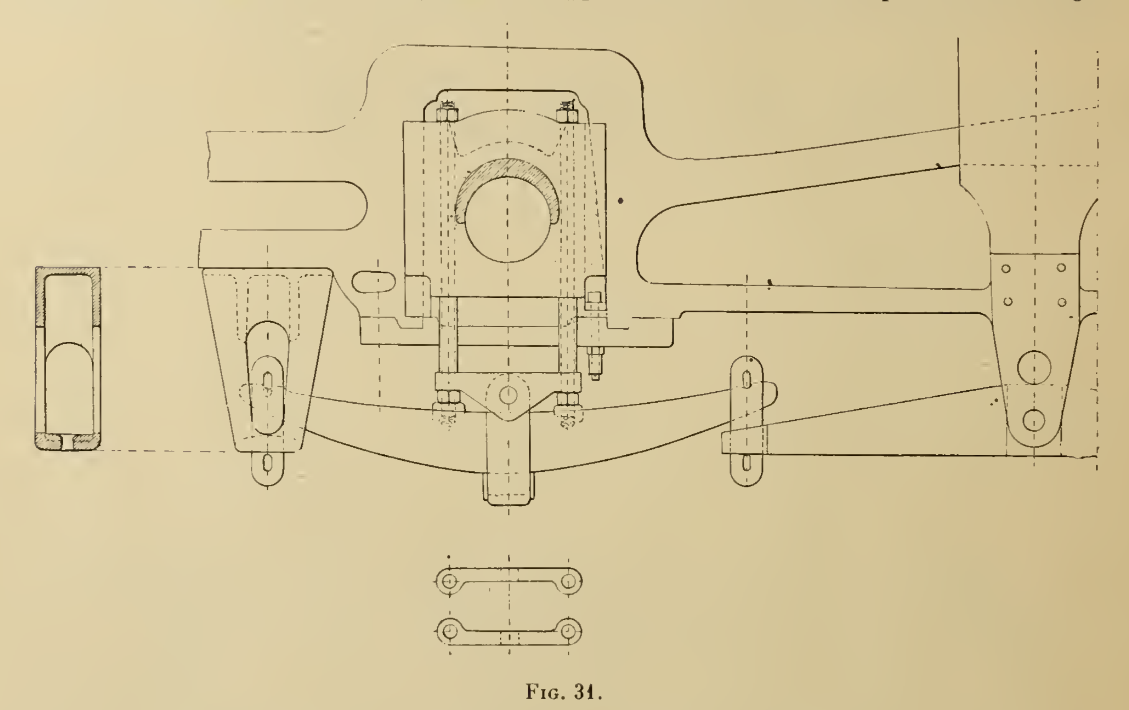


Fig. 31.

Ces pièces sont serrées par des boulons goupilles eontre des bouts de tubes en fer formant entretoises entre elles et le dessous des joues des boîtes à graisse. Un axe traverse à la fois les deux pièces et la partie supérieure du eollier du ressort.

Ce collier de ressort est lui-même des plus simples, eomme le montre la fig. 32 ; le ressort est ealé à la presse avec interposition d'une cale demi-ronde en fonte dans le bas du collier.

Le support de suspension est en acier moulé ; il a hérité d'un dessin suivi avant l'emploi de l'aeier moulé, dessin dans lequel il était constitué de deux pièces en tôle, à la partie inférieure desquelles était boulonnée une entretoise en fer.

La bielle de suspension est des plus simples ; c'est une simple pièce en fer plat pereée de deux trous oblongs qui donnent passage aux clavettes de charge, également figurées sur le dessin. Ces clavettes de charge reposent dans des évidements venus de forge dans les extrémités des maîtresses lames. L'autre extrémité du ressort est reliée à un balancier eompensateur.

Un second mode de suspension, dans lequel l'articulation est également au-dessus du collier, est représenté par la fig. 33 ; A est un boulon de suspension traversant les joues de la boîte à graisse et l'œil supérieur de la bielle dont l'œil inférieur est traversé par le boulon de suspension du collier. Quand on emploie ce mode de construction, l'entretoise de plaque de guide est formée d'une sorte de cadre embrassant les pieds de l'évidement du longeron et laissant en son milieu le passage de la bielle de suspension.

Il est à remarquer que cette disposition du collier du ressort qui est très fréquemment

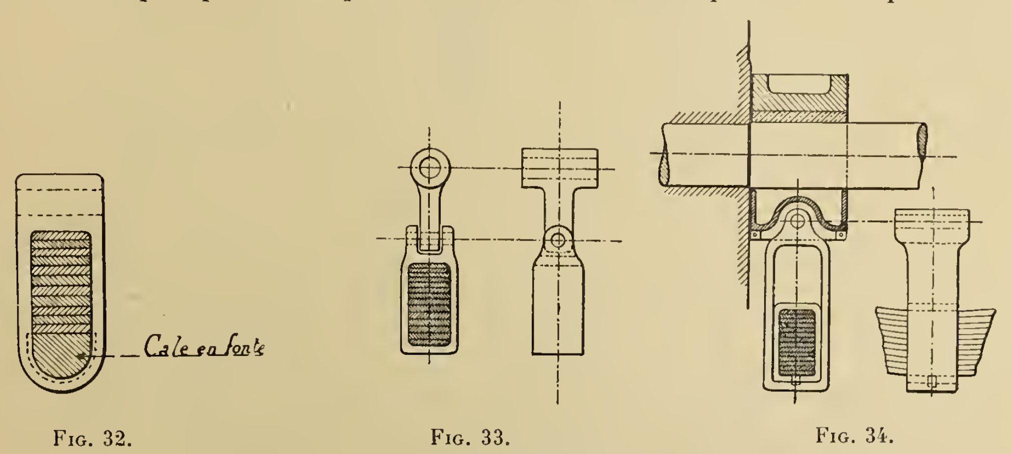


Fig. 32. Fig. 33. Fig. 34.

employée dans les machines de construction anglaise ou allemande, ne s'est pas répandue en France. Il est facile de voir, sans être très versé dans le travail de forge, que cette bielle de suspension est beaucoup plus simple que la tige de pression que l'on trouve en général dans les machines Compound à quatre cylindres.

Les dispositions dans lesquelles le collier du ressort repose par sa partie inférieure sur une sellette sont considérées comme supérieures au point de vue de la douceur du roulement ; voici les principaux types :

Les fig. 34 et 34 *bis* représentent la disposition suivie dans les machines du *Pennsylvania*

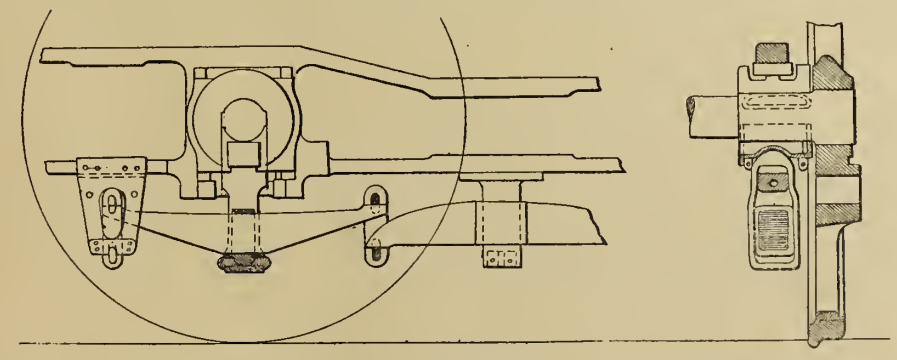


Fig. 34 *bis*.

et du *New-York Central*. Un boulon d'articulation traverse les deux joues des boîtes à graisse et sert de support à un étrier dans lequel repose le collier de ressort, un simple téton le maintient en place.

La fig. 35 représente une disposition de la suspension que l'on retrouve sur des machines Baldwin du type Atlantic. Cette disposition consiste en une sellette en fer ou en acier moulé reliée à la boîte à graisse par quatre boulons, comme dans la suspension que nous avons étudiée précédemment.

Cette pièce se fait quelquefois d'une simple pièce de tôle emboutie

Les fig. 36 à 36 *ter* représentent un mode de suspension qui paraît beaucoup se répandre, et qui est appliqué notamment sur les puissantes machines d'express à trois essieux couplés du *New-York Central.* Des bielles en fer plat pliées s'accrochent dans des évidements venus

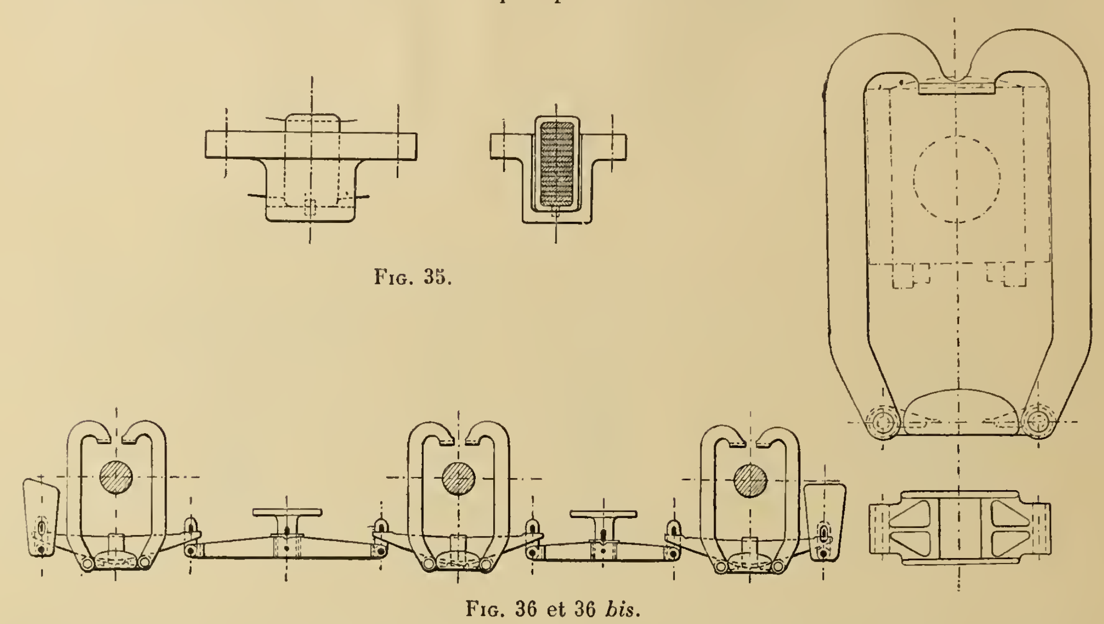


Fig. 35.

Fig. 36 et 36 *bis.*

de fonte sur le dessus des boîtes et servent de support à des sellettes en acier moulé sur lesquelles repose le collier; cette suspension est très douce.

Les dispositifs de suspension dans lesquels le ressort est placé entre les roues dans le plan médian des longerons sont généralement du type représenté par la fig. 37. Des balanciers en fer plat reposent dans des évidements ménagés dans le dessus des boîtes et transmettent la charge par l'intermédiaire des bielles de suspension à l'extrémité du ressort

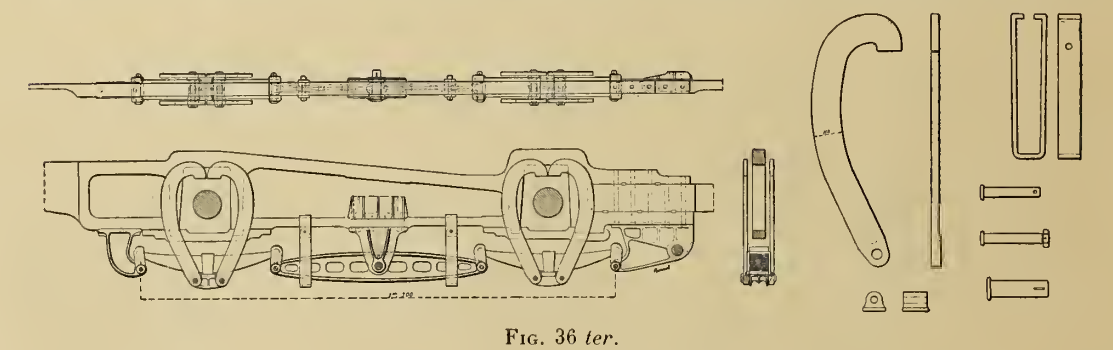


Fig. 36 *ter.*

qui repose dans une sellette boulonnée sous la tranche du longeron. Les dessins donnés n'ont pas besoin d'explication.

Dans quelques machines, notamment dans les machines à douze roues (Twelve Wheelers) quatre essieux couplés et bogie, il n'a pas été possible d'articuler les suspensions de la paire de roues AV. Dans ces machines, les suspensions des deux boîtes du premier essieu sont reliées ensemble transversalement, soit que l'on n'emploie qu'un seul ressort pour les deux boîtes, comme pour l'essieu R des anciennes machines Crampton, soit que l'on emploie deux ressorts articulés par un balancier transversal.

Balanciers, supports des balanciers et des tiges de suspension. — Une disposition du balancier très répandue dans les machines américaines est celle représentée par la

fig. 38. Le balancier renfle en son milieu et, à ses extrémités, est percé en ces trois points de trois ouvertures pour le passage des tiges de suspension et du support du balancier.

Cette disposition du support du balancier a l'inconvénient de faire reposer la charge

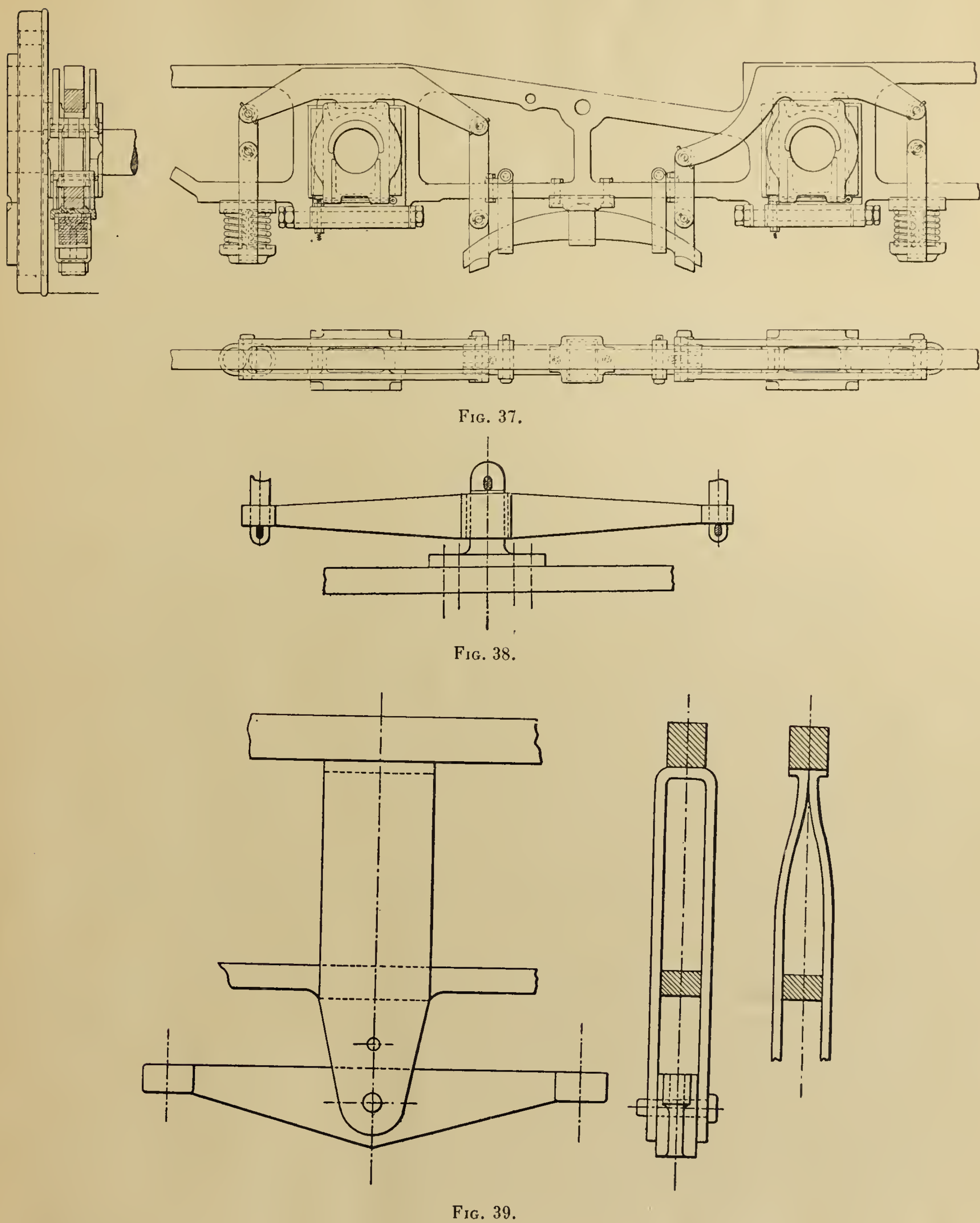


Fig. 37.

Fig. 38.

Fig. 39.

sur la partie supérieure ou inférieure du longeron seulement; la fig. 39 représente une disposition du balancier un peu différente, que l'on trouve très fréquemment dans les machines dans lesquelles les ressorts sont placés au-dessous des boîtes.

Le balancier est articulé sur un axe, et cet axe traverse un support formé soit de deux pièces en tôle ou en fer étiré, soit d'une seule pièce en tôle pliée en U renversé.

Les bielles ou tiges de suspension sont le plus souvent formées d'une simple tige en fer plat percée de deux trous oblongs qui donnent passage aux clavettes de charge.

D'autres fois, comme dans les machines type Atlantic du *Pennsylvania RR*, la bielle de suspension a la forme indiquée par la fig. 40 ; elle est articulée à deux autres bielles qui s'articulent elles-mêmes à l'extrémité du balancier.

Les dispositions dans lesquelles la charge repose directement sur l'extrémité des maîtresses lames sont considérées comme inférieures à celle où la charge est appliquée par une bielle de suspension.

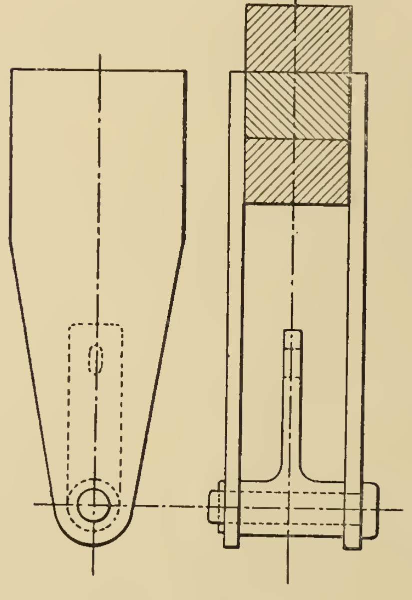


Fig. 40.

Nous avons donné plus haut (fig. 32) la forme d'un support des tiges de suspension en acier moulé qui dérive, comme nous l'avons dit, d'un dessin dans lequel il est formé de deux pièces de tôle entre lesquelles est rivée une sellette.

Les supports de suspension ont encore très souvent les formes indiquées dans les croquis 36 et 37, dans lesquelles ils sont formés de deux pièces en tôle ou en fer plat; dans le croquis 37, le support repose directement sur le ressort.

Il convient de noter la simplicité des pièces qui composent ces différents types de suspension; elles ne comportent toutes que du travail de forge des plus simples, tel que pliage, étirage à des sections uniformes; elles sont enfin tracées de manière à nécessiter aussi peu de travail d'ajustage que possible.

Il est nécessaire enfin de faire remarquer que beaucoup de ces dispositions si simples ne sont pas applicables aux machines à longerons en tôle, notamment les dispositions pans lesquelles le ressort est placé dans les évidements des longerons; ceci vient à l'appui de ce que nous avons fait remarquer plus haut : qu'il faut considérer les longerons à forte section des machines américaines comme la pièce absolument *caractéristique du dessin de ces machines.*

Ressorts. — Les ressorts sont le plus généralement fabriqués par des constructeurs spéciaux. La maison la plus connue est la maison French, de Pittsburg. Les suspensions sont souvent étudiées de manière à permettre l'emploi des colliers ordinaires sans chape ni articulation.

On trouve cependant souvent des colliers du type représenté par la fig. 32 qui est aussi d'une exécution fort simple. Pour faciliter la soudure, on laisse le collier arrondi à sa partie inférieure, et on place, avant le calage, une cale en fonte demi-ronde. L'extrémité de la maîtresse lame est renflée, et présente, dans ce renflement, soit une gorge, soit une cavité suivant que la charge est appliquée par traction et par pression.

L'ajustage des lames entre elles est généralement assez médiocre; néanmoins, la partie des ateliers de réparation qui est affectée à la réparation des ressorts est des plus réduites, ainsi que l'approvisionnement en ressorts, ce qui semblerait indiquer que, en raison de la disposition de la suspension, ces ressorts fatiguent peu.

Les croquis que nous avons donnés plus haut comprennent toutes les dispositions courantes; ils permettront de suivre facilement et de reconstituer le détail des suspensions dont l'ensemble est toujours indiqué assez nettement sur les dessins d'ensemble des machines américaines publiés dans les journaux techniques américains.

Ces dispositions sont très intéressantes à étudier ; il est impossible, pour qui a circulé sur des machines européennes et américaines de n'être pas frappé de la douceur de roulement de ces dernières machines ; c'est surtout à régulateur fermé, quand les chocs provenant des réactions dues à la pression de la vapeur sur les pistons disparaissent, que l'on se rend bien compte de la supériorité, à ce point de vue, des machines américaines.

Bogie. — L'étude des dispositions générales du bogie se présente naturellement comme suite à l'étude des dispositions prises en vue d'améliorer le roulement. On retrouve, dans tous les bogies, une grande uniformité de dessin.

Le châssis des bogies est extrêmement simple ; il se compose, dans toutes les machines, d'un cadre en fer plat auquel sont boulonnées les glissières de boîtes à graisse ; ces glissières ainsi que les boîtes à graisse sont en fonte ou en acier moulé.

Ces glissières sont entretoisées, à leur partie inférieure, par une entretoise horizontale réunissant les quatre glissières d'un même côté ; le dessin ci-contre montre clairement cette disposition.

La suspension est effectuée, de chaque côté, par un seul ressort qui est commun aux deux boîtes. Un balancier, formé de deux pièces en fer plat, repose à ses deux extrémités

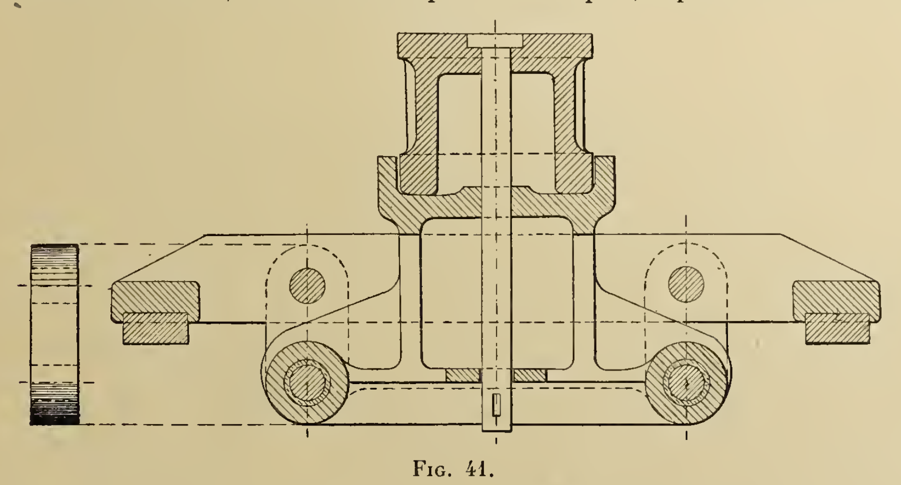


Fig. 41.

sur les boîtes à graisse ; à ce balancier, sont articulés deux étriers qui supportent deux extrémités du ressort ; celui-ci reçoit la charge par l'intermédiaire d'une sellette boulonnée sur le cadre du bogie.

La traverse du milieu supportant la charge est constituée également de deux fers plats ; ces fers plats sont boulonnés eux-mêmes de chaque côté du bogie sur des supports en fonte sur le cadre.

Le pivot est quelquefois fixe, mais le plus souvent à suspension par bielles ; la fig. 41 montre clairement la disposition de la crapaudine dans le cas de la suspension par bielles.

Cette crapaudine est suspendue à la traverse du milieu du bogie par quatre bielles en fer plat traversées par des axes formés d'une tige de fer rond, maintenus en place simplement par une goupille à chacune de leurs extrémités, ce qui est très suffisant, les poussées que les bielles peuvent exercer dans le sens longitudinal étant supportées non par les goupilles mais par la traverse fixe. Il est bon d'attirer l'attention sur ces détails ; si une pièce analogue était tracée avec une tête à six pans ou une tête ronde à une de ses extrémités et un écrou goupille à l'autre extrémité, la main d'œuvre de confection de cette pièce serait doublée.

Dans le cas de rupture d'une bielle ou d'un boulon, la crapaudine vient porter sur la traverse intermédiaire par deux épaulements placés en avant et en arrière de la crapa -

dine. Trois pièces en fer plat plié entretoisent la traverse du milieu avec les petits côtés du cadre du bogie.

La charge repose dans la crapaudine par l'intermédiaire d'un pivot en fonte qui est

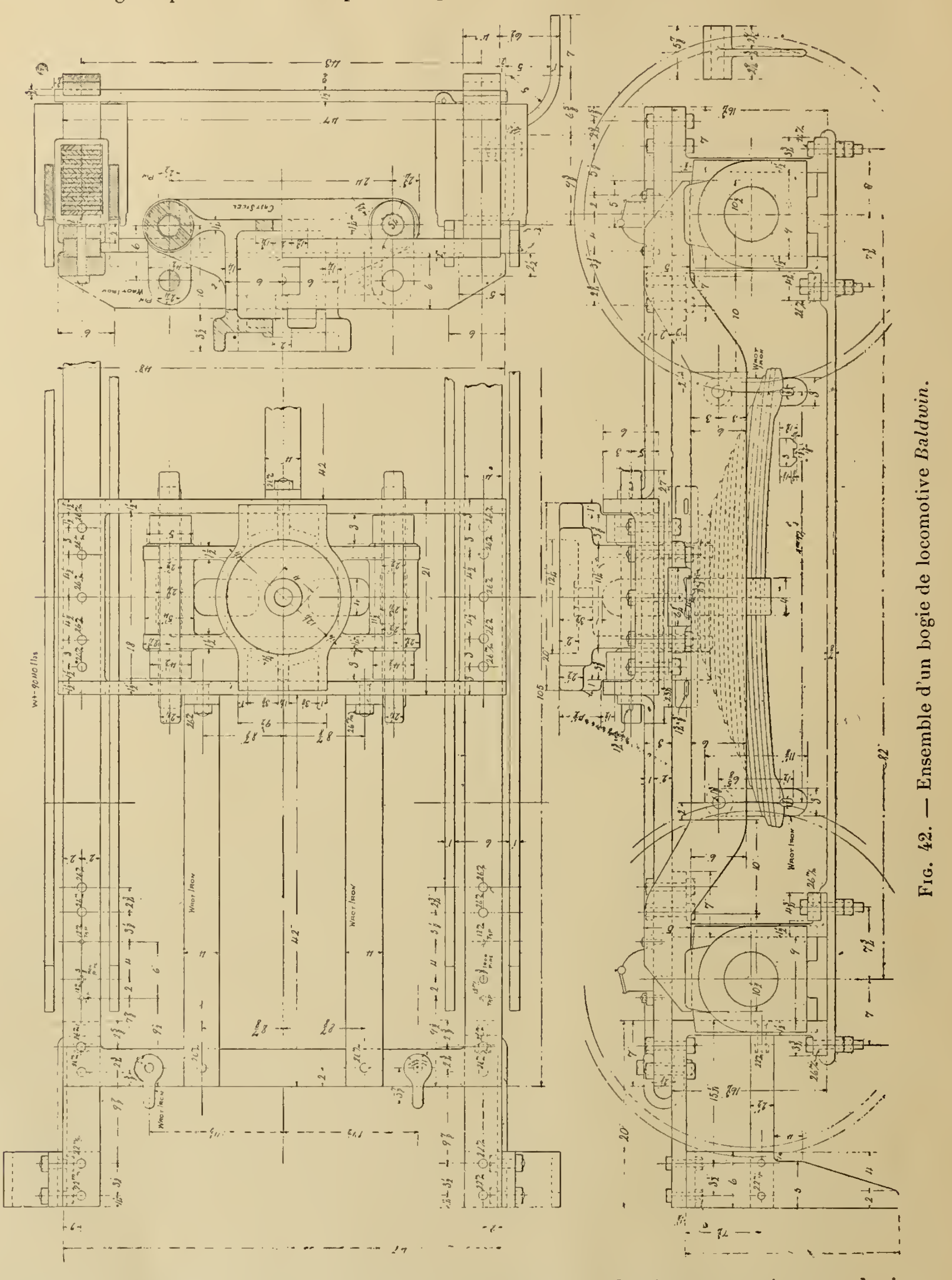


Fig. 42. — Ensemble d'un bogie de locomotive *Baldwin*.

boulonné sous le bloc des deux cylindres; le même type de bogie peut servir pour plusieurs machines de type différent, il suffit d'employer des pivots de hauteur différente.

Le mode de construction du bogie américain est aussi remarquable par sa simplicité que par l'allure très stable de l'avant des machines qui en sont munies, et sur lesquelles

on ne remarque pas ce mouvement de fauchage que l'on observe très fréquemment dans les parties de voies en alignement, notamment avec le type de bogie le plus répandu en France, dans lequel la charge est portée par deux crapaudines latérales.

Ce fait peut paraître étrange au premier abord, si on réfléchit à ce que les ressorts de rappel sont fréquemment trouvés insuffisants pour diminuer le mouvement de fauchage de l'avant; mais il s'explique, selon nous, par cette raison que, si la suspension

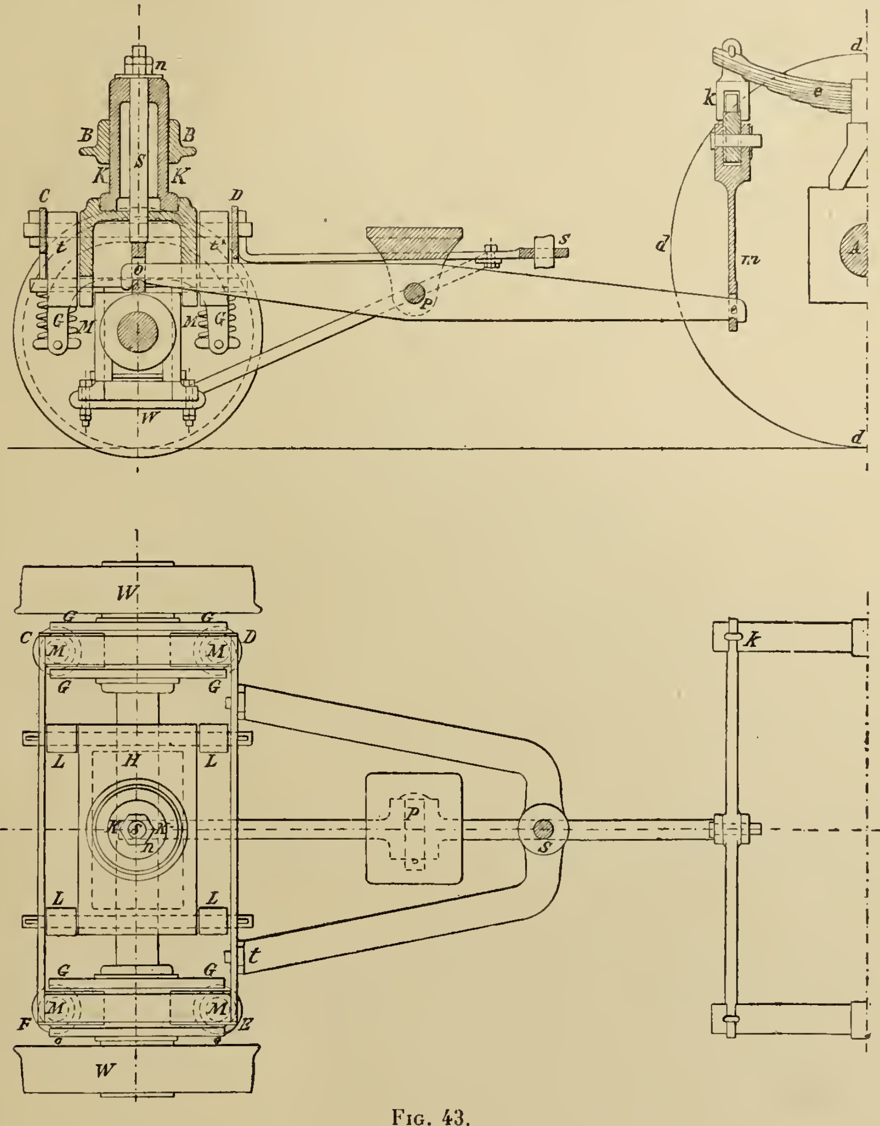


Fig. 43.

pendulaire avec des bielles peu inclinées n'offre qu'une faible résistance aux déplacements latéraux du pivot, elle lui permet, en revanche, de revenir avec la même facilité à sa position médiane ; ce qui n'est pas le cas des bogies à plaque de friction où, pour revenir à sa position médiane, le pivot a à vaincre la résistance due au frottement des plaques de frictions.

Ce mode de suspension du pivot du bogie est d'ailleurs appliqué aujourd'hui sur plusieurs machines de construction européenne, notamment sur les machines du Saint-Gothard et sur quelques machines de la Cie du Lancashire and Yorkshire Railway. Il est appelé, croyons-nous, à devenir classique, comme l'est devenu le type de construction des bogies des voitures dit à traverse danseuse, et également d'origine américaine.

Il était d'ailleurs employé sous plusieurs locomotives figurant à l'Exposition de Vincennes, en 1900.

Voir, comme dessin de bogie de machines anglaises avec suspension analogue à celle des machines américaines, les dessins des nouvelles machines Lancashire and Yorkshire Railway (*Engineer*, 17 et 24 mars, 99).

Bissel. — Le bissel ne se trouve guère que dans les machines à marchandises, à trois ou quatre essieux couplés ; il permet de réduire notablement l'empâtement sur ce qu'il serait avec le même nombre d'essieux et un bogie, et d'utiliser, pour augmenter l'adhérence, une partie du poids perdue avec un bogie. En revanche, il paraît inférieur au bogie pour faciliter l'inscription en courbe à des vitesses un peu élevées.

Son dessin est uniforme et ne varie d'une machine à l'autre que par des dispositions de détail.

Il comprend (fig. 43 et 44) un cadre en fer forgé MMMM. Ce cadre repose sur quatre

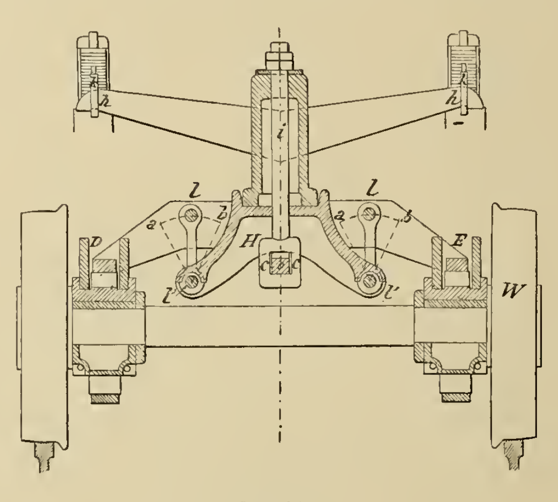


Fig. 44.

ressorts en spirale, que l'on aperçoit en MMMM. Ces ressorts reposent eux-mêmes sur des sellettes articulées aux extrémités de balanciers en fer plat GGGG, qui font reposer la charge dans des évidements ménagés dans le dessus des boîtes (comme nous l'avons vu à propos de la suspension des locomotives).

A ce cadre en fer forgé, est boulonnée une pièce en U, *st* qui porte, en *s*, un boulon qui l'articule sur une traverse en fer plat boulonnée aux deux longerons. Cette traverse n'est pas représentée sur le dessin. Deux entretoises ou tirants réunissent les branches de cette pièce, en U, à la glissière AR de la boîte du bogie.

Voici comment le bissel reçoit la charge :

Une chape en fer P est boulonnée au-dessous du bloc des cylindres ; à cette chape est articulé, en *p*, un balancier QO. Ce balancier repose, par son extrémité O, dans un étrier venu de forge à l'extrémité d'une tige ronde S ; par l'intermédiaire du boulon *n* et de la pièce *k*, la charge se trouve reportée sur une pièce H, pareille à la pièce que nous avons rencontrée en examinant les dispositions du bogie à pivot suspendu. Cette pièce H est suspendue par quatre bielles L et par deux tiges de fer rond au cadre du bissel.

L pièce K peut tourner à l'intérieur d'une douille B, boulonnée à une entretoise fixée à l'AV des cylindres. L'extrémité Q du balancier QO repose également dans un étrier venu de forge à l'extrémité d'une tige *m* ; l'autre extrémité de cette tige *m* est forgée en forme de chape et s'articule au milieu d'un balancier *hj* dont les extrémités reposent dans des menottes de suspension articulées elles-mêmes aux extrémités des deux ressorts de suspension de la première paire de roues motrices.

Le réglage de la charge du bissel s'effectue en tournant plus ou moins le boulon *n*.

On remarquera qu'il faut absolument que le pivot du bissel soit à déplacement latéral sans quoi le bissel se comporterait comme s'il était relié d'une manière invariable au châssis de la locomotive, et n'aurait aucune influence pour faciliter l'inscription en courbe.

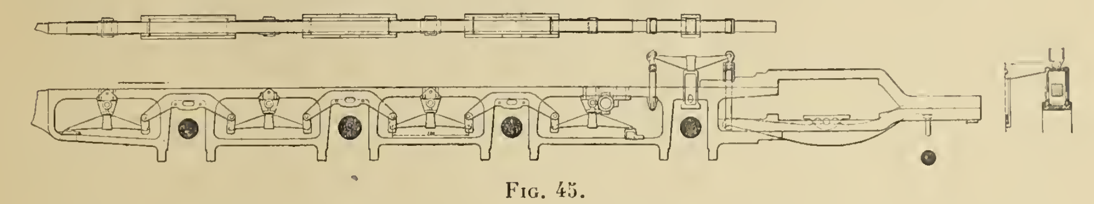


Fig. 45.

Dans les machines des types Mogul et Consolidation, c'est-à-dire à trois et à quatre essieux couplés et bissel à l'avant, généralement, les suspensions des deux ou des trois essieux AR sont articulées entre elles, et la suspension de la première paire de roues motrices est articulée avec le bissel. Mais, dans quelques machines, construites dans ces dernières années, on a été plus loin, et la suspension des trois ou quatre essieux moteurs est articulée avec le bissel (machine Consolidation du Lehigh Valley (fig. 45).

Chaudières.

Dans les machines américaines, la boîte à feu est presque toujours placée au-dessus du longeron et a toute la largeur qui est compatible avec la position des roues ; de plus, comme les constructeurs américains n'hésitent pas à placer très haut l'axe des chaudières, on peut donner au corps cylindrique un très grand diamètre.

Les chaudières prennent le nom de « *straight top* » quand le sommet de la boîte à feu se trouve sur le même niveau que le sommet du corps cylindrique ; « *wagon top* » ou en toit de wagon, quand le sommet de la boîte à feu est plus haut que l'arête supérieure du corps cylindrique et lui est raccordé par la première virole ; « *extended wagon top* », quand ce raccordement est plus prolongé et s'étend jusqu'à la virole précédant la boîte à fumée.

Foyer. — Le foyer Belpaire est très employé par le Pensylvania RR, ainsi que par les ateliers Brooks, à Dunkirk, qui ont un type spécial dans lequel le foyer va en s'élargissant de l'arrière à l'avant où il se raccorde avec le corps cylindrique.

Les autres Établissements de construction : Baldwin, Schenectady, Pittsburgh, préfèrent les autres types straight ou wagon top. Le foyer Wootten est employé toutes les fois qu'il s'agit de brûler des combustibles maigres comme l'anthracite.

Nous nous bornerons dans ce qui suit à examiner quelques détails de construction.

Le foyer est, comme on le sait, toujours en acier, et les entretoises en fer de qualité spéciale. Le cadre du foyer est en fer forgé et n'est généralement pas muni d'oreilles ; on se contente de vis pour maintenir l'étanchéité dans les coins, la rivure du cadre du foyer est presque toujours double.

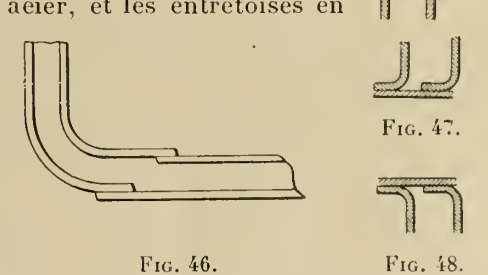


Fig. 46. Fig. 47. Fig. 48.

Beaucoup de constructeurs n'étirent pas de pinces et mortaisent le cadre de foyer de manière à pratiquer un logement pour les tôles, comme le montrent la fig. 46 ; ils prétendent que l'étirage rend les tôles cassantes en un point où elles sont souvent soumises à des corrosions assez fortes.

Il n'y a jamais de cadre de porte de foyer ; la disposition usuelle consiste à emboutir les tôles de foyer, comme le montre la fig. 47 ; on trouve la forme (fig. 48), mais plus rarement.

Les entretoises ont généralement 22 ou 25 millimètres de diamètre et sont espacées de 100 millimètres environ ; on les rapproche davantage dans les angles de la boîte à feu. La pratique, qui consiste à enlever le filet dans le milieu, n'est pas générale ; elle est cependant suivie au Philadelphia and Reading. Dans d'autres Compagnies, on refoule l'entretoise aux deux extrémités qui sont seules taraudées. Bien que ces procédés soient encore peu employés, il paraît admis que la suppression du filet diminue le nombre des ruptures.

Le Pensylvania RR emploie un montage spécial des entretoises pour les rangées des flancs qui se trouvent à la hauteur de l'inflexion des tôles de la boîte à feu.

La pratique suivie pour l'armaturage du ciel du foyer est l'entretoisement direct avec l'enveloppe de la boîte à feu. Les deux ou les quatre premières rangées de tirants sont alors le plus souvent munies de jeux permettant la dilatation ou remplacés par une ou

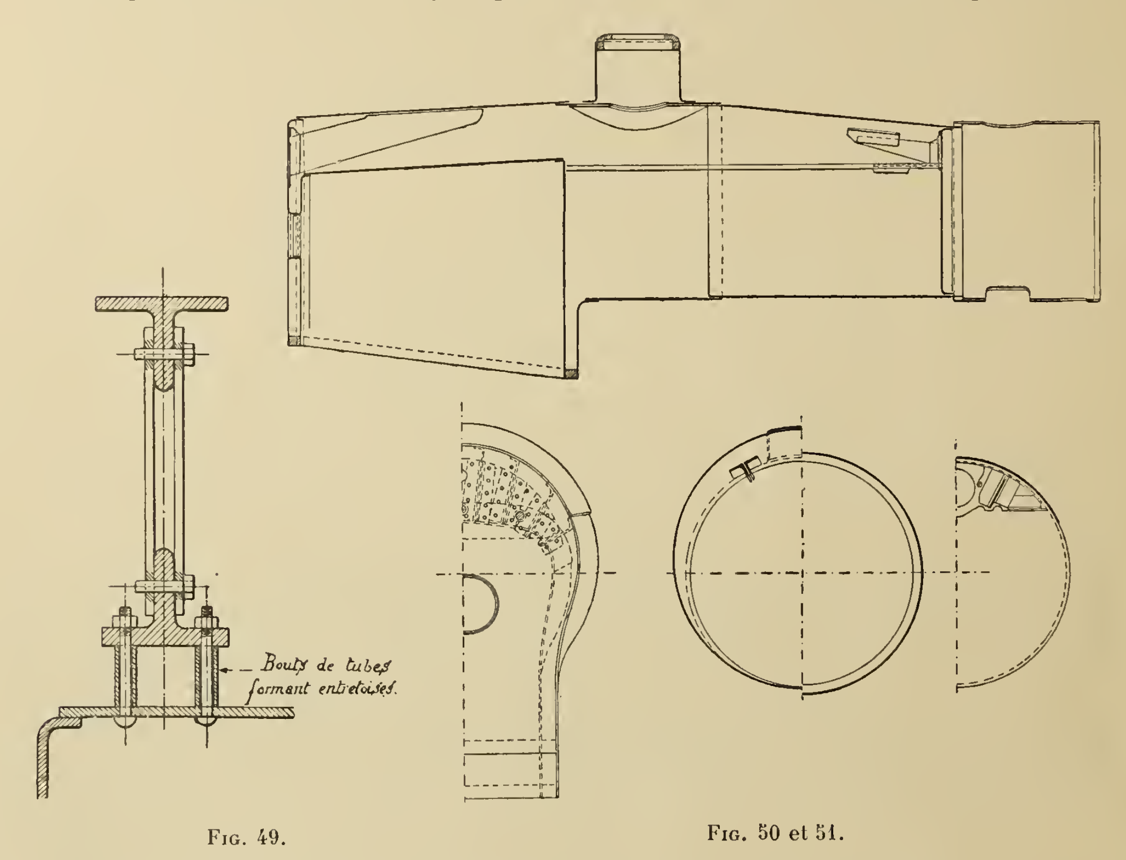


Fig. 49.

Fig. 50 et 51.

deux fermes jouant le même rôle, mais cette disposition n'est pas absolument générale surtout avec les foyers Belpaire.

La fig. 49 montre une manière très répandue de constituer une ferme au moyen de fers en T de forte section ; cette ferme est suspendue au moyen de bielles en fer plat.

La fig. 50 montre comment est effectué l'armaturage de la plaque arrière de boîte à feu dans une machine construite aux ateliers Brooks ; des cornières, rivées sur cette tôle, laissent entre elles les épaisseurs des goussets qui leur sont rivés ; l'autre extrémité de ces goussets est simplement pliée et rivée au ciel de la boîte à feu. L'armaturage de la plaque avant est à peu près identique avec cette différence que le gousset est rivé à chacune de ses deux extrémités à deux cornières au lieu d'être simplement plié.

L'emploi de cornières sur les plaques avant et arrière pour les armatures est général, seulement, on trouve très souvent au lieu des goussets des tirants de diverses formes ou des bandes de tôle qui remplissent le même rôle.

En examinant divers dessins, on verra que la plupart des constructeurs reportent assez loin sur l'enveloppe de la boîte à feu et le corps cylindrique la pression exercée par la vapeur sur la face arrière de la boîte à feu.

Un des types de tirants les plus répandus consiste dans un fer rond ou plat dont les extrémités sont étirées de manière à avoir la section qui correspond à l'intervalle entre deux cornières.

Il n'y que peu de chose à dire au sujet des rivures, l'emploi des couvre-joints est à peu près général pour les clouures longitudinales; les couvre-joints intérieurs ne comportent en général pas de pinces et n'ont, sur la face intérieure de la virole, que la longueur non emboîtée de cette face, le matage très énergique fait que cette disposition n'offre pas d'inconvénient au point de vue de l'étanchéité.

On voit, dans tous les détails du dessin, la préoccupation d'éviter tout travail de forge, un peu compliqué, et de pousser aussi loin que possible l'emploi des profilés.

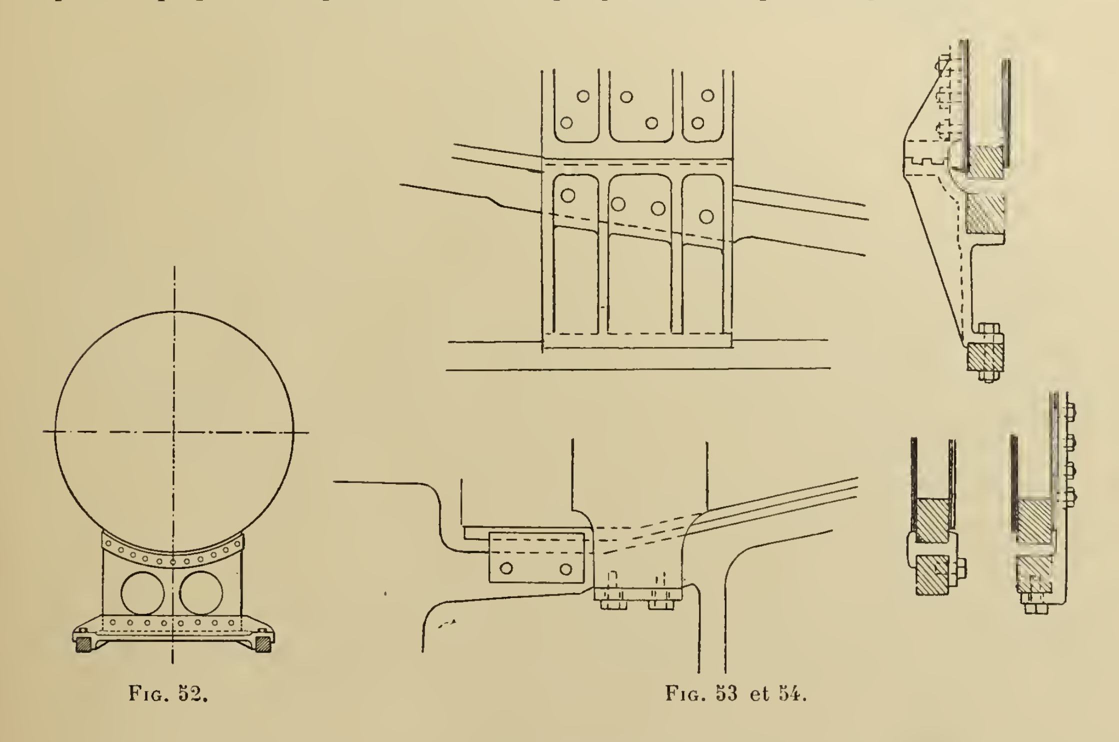


Fig. 52. Fig. 53 et 54.

Tubes. — Les tubes ont presque toujours, dans les machines à écartement normal, 51 millimètres de diamètre extérieur et leur épaisseur est de 2 mm. 7; ils sont toujours en fer. Ils sont, comme en France, restreints du côté de la boîte à feu et élargis de l'autre côté. On emploie très souvent, du côté du foyer, une virole en cuivre entre la plaque tubulaire et le tube.

Supports de la chaudière. — Les supports intermédiaires de la chaudière sont constitués d'une manière très simple (fig. 52). Une cornière est rivée sous la chaudière; cette cornière est boulonnée à une tôle boulonnée elle-même à l'une des entretoises de châssis. C'est la flexibilité de la tôle qui lui permet de suivre les mouvements de la chaudière. Le nombre de ces supports est variable; ils sont, dans tous les cas, d'une exécution peu coûteuse et d'un montage extrêmement facile, comme nous aurons l'occasion de le voir. Cette disposition est générale.

Les supports glissoirs sont constitués de différentes manières. La fig. 53 représente un type dans lequel le support a la forme d'une console. Dans le type représenté par la fig. 54, le foyer repose directement sur le longeron et est maintenu latéralement par des guides verticaux placés en avant des supports.

La suspension par bielles que l'on trouve sur beaucoup de machines du N Y C and H RR paraît considérée comme défectueuse par bon nombre de constructeurs. Si, d'un côté, elle permet à la chaudière de se dilater très librement, elle a en revanche le défaut de ne pas être assez rigide. Il paraît aujourd'hui indispensable d'assurer à l'arrière de la chaudière un bon guidage, tous les mouvements de la chaudière autres qu'une dilatation suivant l'axe se traduisant par une fatigue très grande de l'ensemble des cylindres auxquels ils sont boulonnés.

Prise de vapeur. — La prise de vapeur est toujours du type à régulateur équilibre et placée dans le dôme ; la fig. 55 indique l'ensemble de la disposition. L'ensemble de la prise

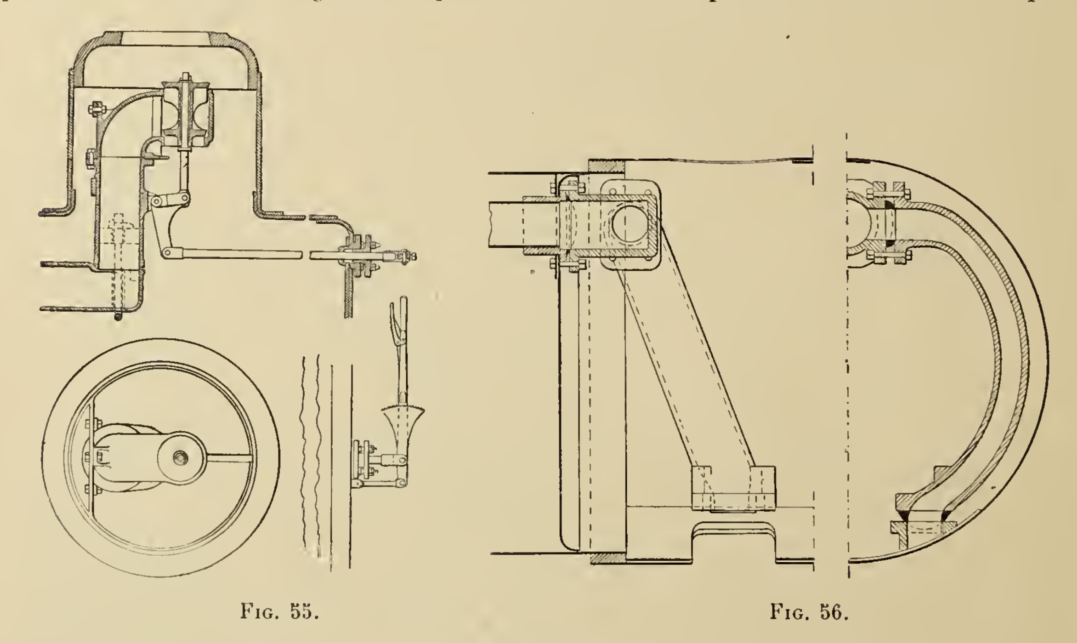


Fig. 55. Fig. 56.

de vapeur est boulonné à deux fers plats pliés à leurs extrémités et rivés aux parois du dôme. Tantôt la tige de commande débouche à l'arrière de la boîte à feu qu'elle traverse dans un presse-étoupe ; tantôt elle traverse le dôme dans un presse-étoupe et se prolonge jusqu'au-dessus de l'arrière de la boîte à feu. Un secteur denté permet de donner, au régulateur, différentes ouvertures ; le levier de manœuvre est, dans tous les cas, fort long et toujours bien à la portée de la main du mécanicien.

Le secteur denté fait corps avec la tête de la tige du régulateur, de sorte qu'il ne *peut tourner* autour de l'articulation, c'est ce qui lui permet de maintenir le régulateur dans une position donnée.

Le tuyau de prise de vapeur aboutit à la partie supérieure de la boîte à fumée en un raccord en fonte (fig. 56) d'où partent les tuyaux qui vont à chaque cylindre. La façon dont sont disposés ces joints est particulière (fig. 57) ; le joint est formé par une pièce plane convexe en cuivre ou plus généralement en fonte. L'avantage de cette disposition est de permettre d'avoir un joint flexible qui ne perd pas par suite d'efforts latéraux s'exerçant sur les tuyaux qu'il réunit.

Les tuyaux de prise de vapeur sont généralement en fonte, quelquefois aussi on les fait en fonte malléable.

Boîte à fumée et échappement. — Le dessin des boîtes à fumée est loin de présenter l'uniformité qu'on trouve pour tant d'autres parties des machines américaines[1].

La boîte à fumée est généralement de grandes dimensions, non pas, comme on l'a prétendu, pour donner un meilleur tirage, le contraire serait plutôt admis, mais pour avoir une grande capacité en escarbilles. Toutes les boîtes à fumée sont munies d'une trappe qui permet de faire tomber les escarbilles sans ouvrir la boîte à fumée. Cette trappe se

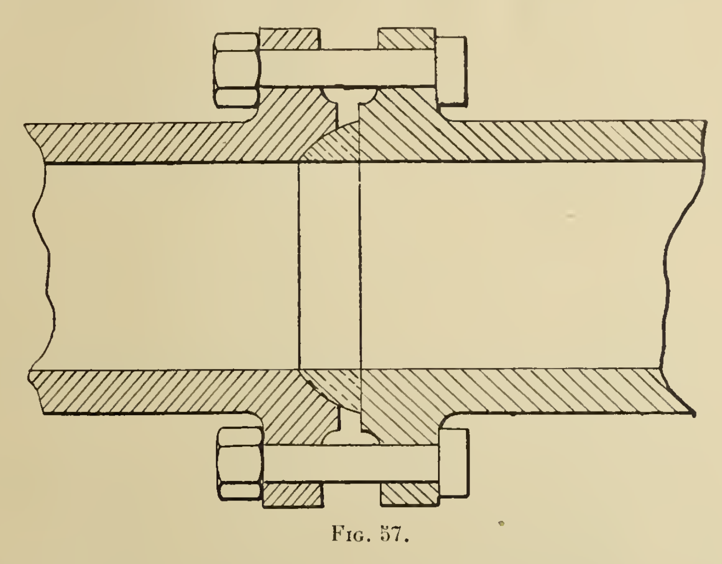


Fig. 57.

termine par un court tuyau qui empêche les escarbilles de tomber sur la traverse avant. On trouve d'ailleurs cette disposition sur plusieurs machines européennes. Deux regards fermés par des couvercles en fonte sont pratiqués dans les côtés de la boîte à fumée et permettent, à l'aide d'une tringle ou d'un morceau de bois, de dégager la trappe à escarbilles dans le cas où elle viendrait à s'engorger.

La porte de la boîte à fumée est en fonte ou en tôle emboutie ; elle est de petit

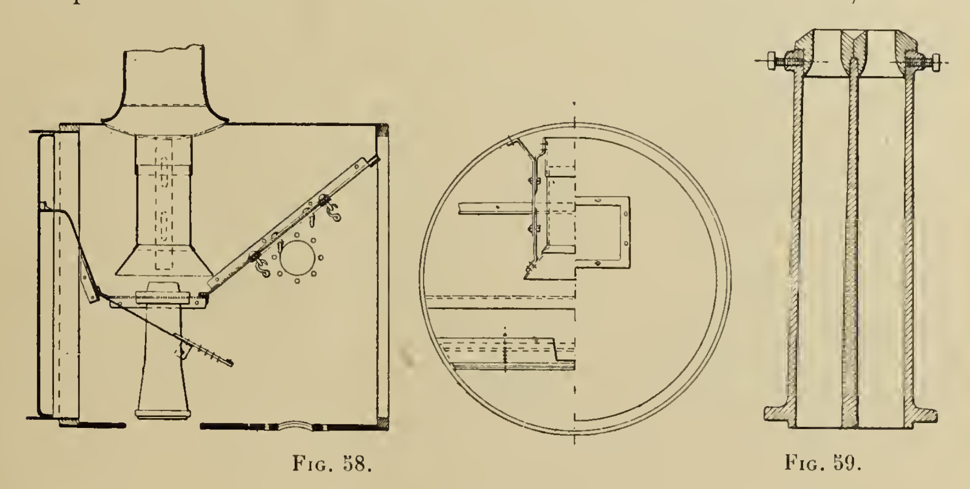


Fig. 58. Fig. 59.

diamètre ; elle ne sert que pour les réparations ou les visites de la boîte à fumée ; sa fermeture est assurée par une série de petits taquets serrés par des boulons et répartis sur tout le contour de la porte ; c'est une disposition économique comme construction, mais peu commode comme ouverture ; elle assure une fermeture très étanche.

1. On trouvera dans l'ouvrage de M. Demoulin sur la *Machine locomotive*, un grand nombre de ces dispositions.

Le dessin des échappements présente également de grandes différences. Placé très bas dans les machines brûlant de l'anthracite, l'échappement est quelquefois très haut dans les machines brûlant des charbons gras. Il est tantôt simple, tantôt composé de deux tuyaux, un pour chaque cylindre (fig. 59). Cette dernière disposition, la plus fréquente, est *défectueuse*; *on n'obtient pas avec des jets excentrique de l'axe de la cheminée un aussi bon tirage qu'avec des jets bien concentriques.* On trouvera d'ailleurs, dans le *Railroad Gazette*, *du 3 juillet 1896*, les conclusions de la Commission des Master Mechanic, chargée d'étudier cette question ; les conclusions de cette Commission, après de nombreux essais faits sur une locomotive installée aux Ateliers du Chicago and North-Western, *condamnent une partie des points suivis dans la pratique américaine*, et recommandent l'abaissement de l'échappement et *la réunion des deux échappements*[1].

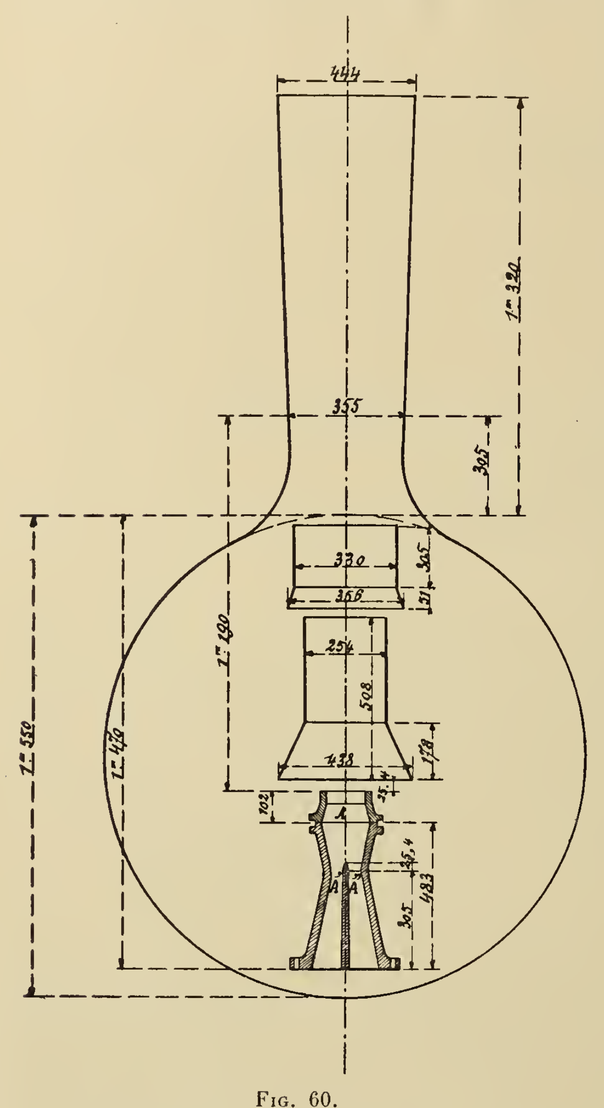


Fig. 60.

Nous donnons ci-contre (fig. 60) le type normal présenté par le Comité des Master Mechanic.

L'échappement est toujours fixe pendant la marche, mais on peut faire varier son diamètre en changeant le diamètre des tuyères circulaires qui surmontent le tuyau d'échappement[1].

Accessoires de la chaudière. Injecteurs. — Les injecteurs sont de divers modèles. Les plus employés sont les injecteurs Monitor et Sellers, et Hancock. L'injecteur Sellers est appliqué sur les machines du Pensylvania.

Soupapes. — Les soupapes sont toujours du type à charge directe et souvent à échappement silencieux ; cet échappement silencieux est obtenu en forçant la vapeur à passer à travers une série d'orifices et à se détendre graduellement. Les modèles de la « *Ashton valve Company* » et de la « *Crosby valve Company* » sont les plus répandus. Dans ces soupapes, le ressort est bien protégé contre l'action de la vapeur et de l'eau de conden-

1. L'emploi des déflecteurs comme moyen de régulariser le tirage entre les différentes rangées de tubes et l'emploi de l'échappement double paraissent devoir être une des principales causes de la consommation plus élevée que montrent un certain nombre de locomotives américaines par rapport aux locomotives de construction européenne.

Dans une lettre publiée dans le n° du 15 novembre de la « *Railroad Gazette* » M. Robb, ingénieur en chef adjoint des chemins de fer du Bengal, indique les modifications suivantes comme ayant été effectuées par lui sur des machines de construction américaine et ayant amené une économie de combustible.

1° Remplacement de l'échappement double par un échappement simple.

2° Suppression du déflecteur dans la boîte à fumée.

3° Remplacement des barreaux de la grille par des barreaux de plus petit écartement.

sation. La décharge silencieuse est obtenue en faisant détendre la vapeur à travers une ou plusieurs séries d'orifices de petites dimensions. Le réglage de la pression de levage et de la dépression à la fermeture se fait sans travail d'ajustage. Les soupapes sont toujours placées à l'intérieur d'un petit dôme en tôle emboutie.

Niveaux d'eau et robinets. — Les machines américaines sont généralement munies d'un tube de niveau d'eau et de trois robinets de jauge. Ces derniers sont toujours placés à la portée de la main du mécanicien qui les ouvre fréquemment, ne paraissant avoir aucune confiance dans le tube de niveau placé de côté du chauffeur. Quelques machines n'ont même pas de tubes de niveau.

Ces robinets sont des robinets à soupapes que l'on manœuvre avec de petits volants ; la fig. 61 est une coupe d'un de ces robinets qui nous paraissent, pour cet emploi, préférables aux robinets à boisseaux.

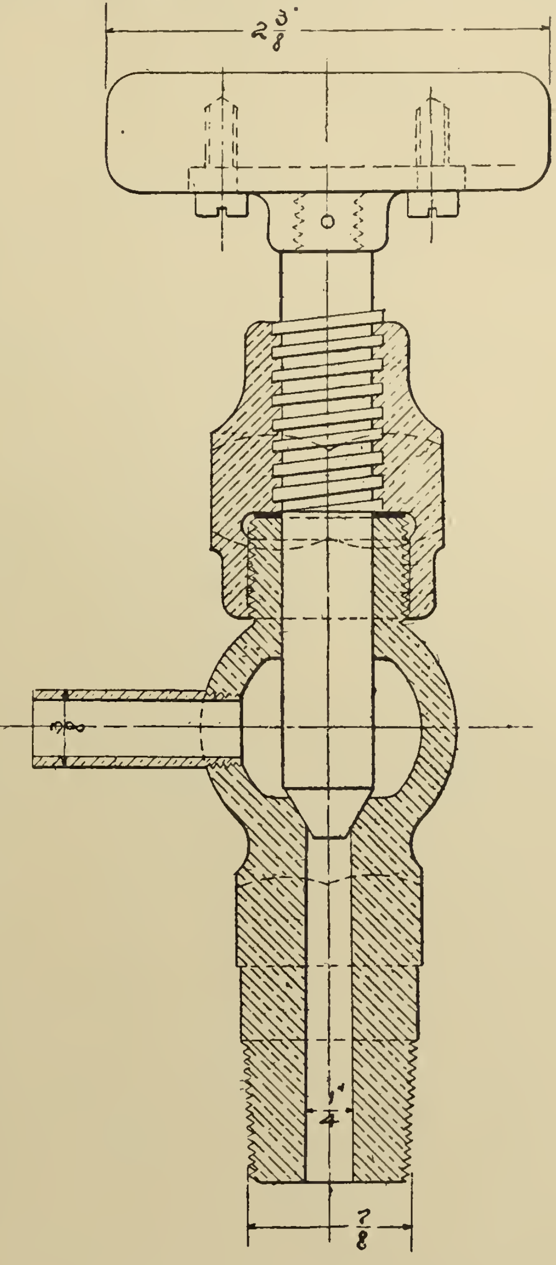


Fig. 61. — Grandeur d'exécution.

Une pratique très souvent suivie, mais qui ne paraît pas très recommandable, est de visser simplement toute la robinetterie dans la tôle de la chaudière qui est taraudée coniquement. Cette disposition n'offre évidemment pas d'inconvénient pour le robinet de jauge, les garnitures de niveau d'eau et le souffleur, mais elle est beaucoup plus discutable pour la grosse robinetterie, robinets de vidange, prise de vapeur des injecteurs.

La pratique générale est de mettre une enveloppe isolante sur toutes les chaudières de locomotives, sauf celles construites pour les climats extrêmement chauds ; il y a un grand nombre de fabricants de ces enveloppes isolantes. La matière la plus employée paraît être de l'amiante agglomérée avec du plâtre. Ce produit est monté sous formes de douves ; il se taille facilement sans s'effriter et ne paraît pas se détériorer par suite des trépidations.

Cet isolant est recouvert par une enveloppe généralement en tôle russe, qui ne nécessite aucune peinture ; les différentes parties constituant cette enveloppe sont rivées longitudinalement par des rivets en cuivre. Elles sont serrées sur le calorifuge [1].

La plaque arrière de la boîte à feu n'est presque jamais recouverte à cause des appa-

1. En raison de la difficulté de mouler l'isolant, la partie inférieure des flancs de la boîte à feu n'est pas recouverte d'isolant. On pourra consulter sur la valeur des différents isolants ainsi que sur le montage de l'isolant sur la partie supérieure de la boîte à feu le *Proceedings des Master Mechanics 1898, p. 87 et suiv.*

reils qui y sont fixés ; le chauffeur se tient d'ailleurs toujours sur le côté, sauf quand il charge le feu, de sorte qu'il est peu incommodé.

L'emploi de ces enveloppes en tôle russe supprime à peu près complètement la peinture. La peinture de la boîte à fumée et des longerons est une peinture des plus sommaires.

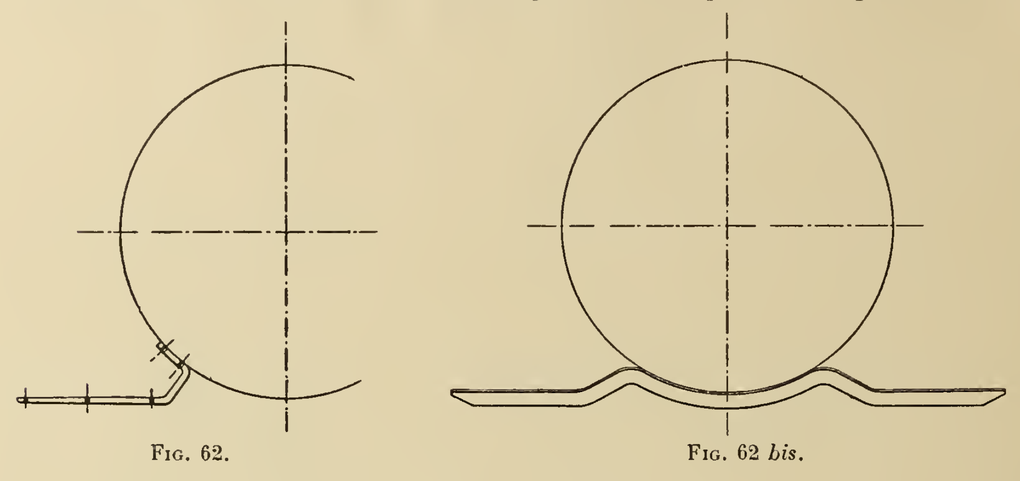


Fig. 62. Fig. 62 *bis*.

Dans les ateliers de construction, je n'ai vu, à l'atelier de peinture, que des tenders ; il y a là une grande économie pour le constructeur.

L'aspect extérieur de ces tôles russes est satisfaisant. Elles se maintiennent propres très facilement ; les petites inégalités provenant d'un planage défectueux ou de chocs sont

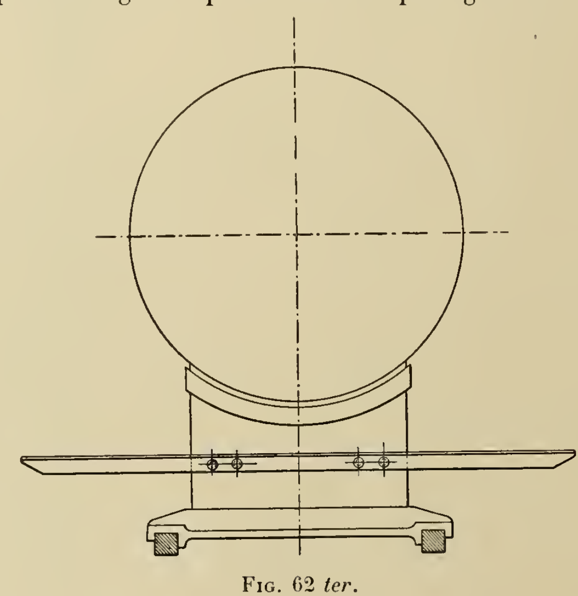


Fig. 62 *ter*.

peut-être plus sensibles à l'œil qu'avec des tôles peintes, mais elles se maintiennent plus facilement propres.

Tablier et abri. — La disposition du tablier et de l'abri, dans les machines américaines, est aussi simple que commode.

De part et d'autre de la chaudière, sont rivées des consoles, formées le plus souvent d'un simple fer plat plié comme l'indique la fig. 62 ; sur ces fers plats, sont boulonnées les planches ou les feuilles de tôle formant le tablier. Ce tablier s'étend sur toute la longueur de la machine depuis l'arrière de la boîte à feu jusqu'à la hauteur de la traverse arrière.

Les fig. 62 *bis* et 62 *ter* représentent deux autres supports de tabliers.

Comme la chaudière, dans la plupart des machines, ne va pas jusqu'à la traverse arrière, le tablier, s'il n'était supporté que par les consoles rivées à la chaudière, se trouverait en porte à faux à l'arrière; aussi boulonne-t-on, sur cette traverse arrière, deux supports en fonte qui supportent le tablier (fig. 63).

C'est sur le tablier, qui est réduit, dans la machine américaine, à son véritable rôle de *plancher de service* et non de *support du mécanisme* de distribution ou, de l'arbre de relevage, que repose l'abri.

Cet abri est en bois sur la plupart des réseaux; il est fixé sur le tablier par quatre équerres en fonte placées dans les coins et quelquefois par d'autres équerres ou cornières intermédiaires.

La cloison avant de cet abri n'est pas découpée à la demande de la chaudière, mais est ouverte suivant le contour *abcd*; l'ajustage de l'abri sur la chaudière se fait au moyen de quatre feuilles de tôle minces découpées à la demande de la chaudière et placées de part et d'autre de la cloison avant de l'abri. Cette disposition présente deux avantages. On peut, en premier lieu, terminer complètement l'abri avant de le mettre en place, ce qui ne serait pas possible s'il fallait qu'il épouse exactement les formes de la chaudière, à cause du renflement du corps cylindrique.

En second lieu, le bois, ne se trouvant pas en contact avec la chaudière, ne s'échauffe pas trop et ne travaille pas.

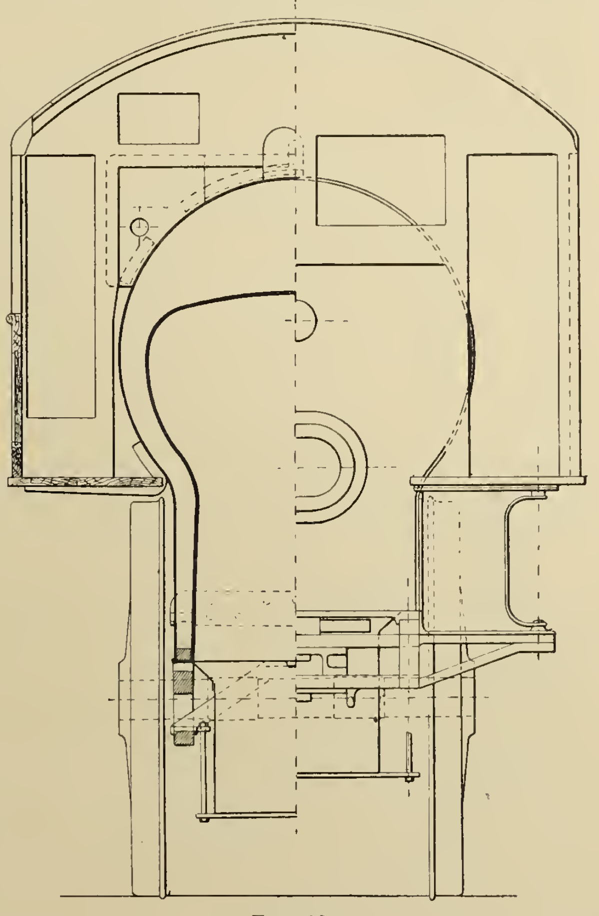


Fig. 63.

Deux portes s'ouvrant de l'intérieur de l'abri à l'extérieur conduisent de plein pied sur le tablier, et le mécanicien qui veut se rendre en marche sur la rampe à la hauteur du mouvement n'a pas à se livrer à cette promenade dangereuse qui consiste à se rendre en marche sur la rampe en s'accrochant à l'extérieur de l'abri.

De larges fenêtres à coulisse s'ouvrent sur les côtés, et d'autres, plus étroites, sur les cloisons avant et arrière. On peut, de plus, maintenir les portes ouvrant sur la rampe plus ou moins ouvertes au moyen d'une tringle.

En ouvrant plus ou moins les portes et les fenêtres de l'abri, on maintient une ventilation qui le rend assez confortable même dans les très fortes chaleurs qui règnent en été aux États-Unis.

Par les temps de pluie, il offre une protection efficace quelle que soit la direction du vent tant en marche qu'en stationnement.

Des sièges rembourrés sont placés à la disposition du mécanicien et du chauffeur; celui du chauffeur forme généralement coffre, tandis que les sièges souvent au nombre de deux placés à côté du mécanicien sont le plus souvent disposés de manière à se rabattre.

Cette disposition de l'abri, au triple point de vue de la facilité de montage, de l'éco-

nomie de construction, du confortable des agents, est de beaucoup supérieure à celle des machines européennes. Il n'y a pas trace de ces assemblages coûteux de tôle et de cornières, prenant appui sur les longerons et les supports de glissières de piston.

Deux heures à deux hommes, voilà tout ce qu'il faut pour monter l'abri et le tablier. C'est là encore un de ces points où la pratique américaine conduit à une économie très considérable sur notre manière de faire du seul fait d'un meilleur dessin.

La fixation à la chaudière, par le moyen des consoles, du plancher sur lequel se tiennent les agents a cet avantage que les vibrations et les chocs ne sont transmis à ce plancher que par l'intermédiaire de la chaudière dont la masse considérable diminue notablement les vibrations; on ne ressent pas sur le plancher de ce tablier les vibrations rapides si fatiguantes dans les machines où l'on se tient debout sur le tablier métallique fixé aux longerons.

Quand on voyage pour la première fois sur les machines américaines, on est un peu déconcerté de trouver une différence de hauteur aussi forte entre le tablier sur lequel se tient le mécanicien et la plate-forme de l'attelage sur laquelle le chauffeur se tient quand il charge le feu. Mais les chauffeurs s'accommodent parfaitement de cette disposition aux États-Unis; ils remontent, entre toutes les charges, sur le tablier et concourent tout aussi

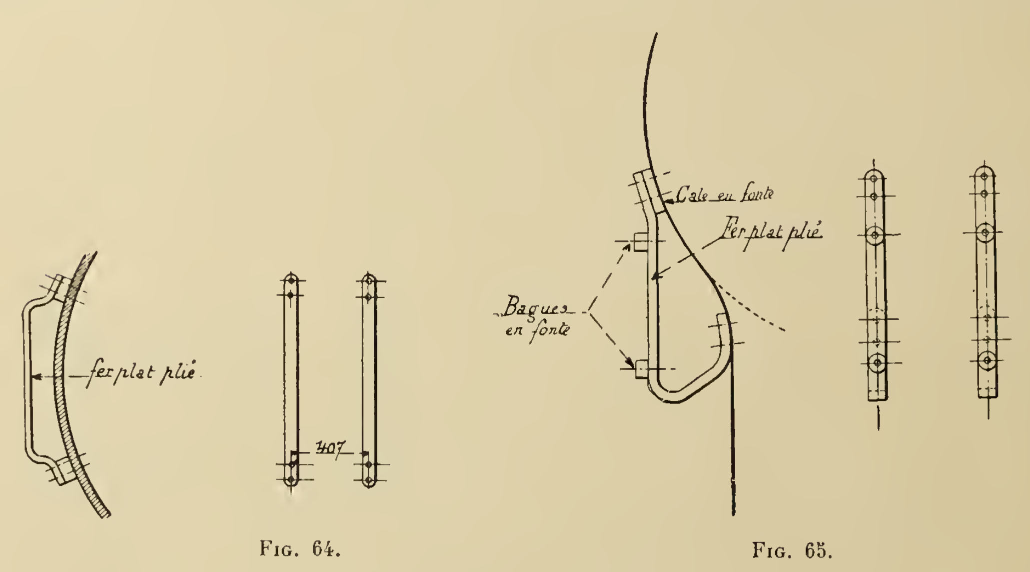


Fig. 64. Fig. 65.

efficacement que chez nous, sinon plus, à la surveillance de la voie. En même temps qu'ils descendent et sans se baisser, ils ouvrent la porte au moyen d'une chaîne qui est accrochée d'une part à la toiture de l'abri, et, de l'autre, à la fermeture de la porte.

Il serait faux de conclure, du fait que le chauffeur, quand il est placé à l'endroit d'où il charge le feu, ne peut voir les signaux, qu'il ne peut concourir à la surveillance de la voie, car ce n'est pas au moment où l'on vient de regarder dans le feu, surtout la nuit, que l'on peut apercevoir quelque chose sur la voie.

Couvre-roues. — Le tablier est le plus souvent placé assez haut pour qu'on puisse loger le couvre-roues entièrement en dessous; dans ce cas, il est constitué d'une simple tôle cintrée et fixée au longeron au moyen de pattes en fer plat tordu.

Quand le tablier est bas et que l'on doit évider le tablier au droit des roues, le couvre-roues est en tôle et cornière et vissé sur le tablier à ses deux extrémités; mais, même dans ce cas, il n'a jamais la hauteur et les dimensions de nos couvre-roues.

Supports divers. — Les divers supports sont toujours traités beaucoup plus simplement que dans les machines françaises; nous allons en examiner quelques-uns.

Support de la pompe Westinghouse :

Il se compose de deux fers plats pliés et boulonnés à la chaudière ; la fig. 64 représente leur forme dans le cas où le petit cheval est fixé sur le côté du corps cylindrique ; la fig. 65 leur forme quand il est fixé sur le côté de la boîte à feu. Ces fers plats ne sont pas entretoisés entre eux, c'est le petit cheval qui les entretoise.

Pour les réservoirs du frein Westinghouse, on n'a que l'embarras du choix pour les loger. On les trouve soit à l'arrière du bloc des deux cylindres, fixés par deux équerres boulonnées sur le longeron, soit au-dessous de l'abri sur les côtés fixés par de simples brides en fer plat *boulonnées au tablier*.

Le support des injecteurs est des plus simples. Une tige de fer rond taraudée à ses

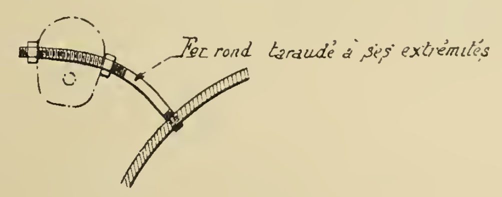


Fig. 66.

deux bouts est vissée, d'une part, dans la tôle de la chaudière et passe à son extrémité dans le trou venu de fonte dans le corps de l'injecteur qui est maintenu par deux boulons (fig. 66). Il faut ajouter que le tuyau de prise de vapeur et celui du trop plein concourent à supporter l'injecteur.

Ce montage de l'injecteur, en plus de la simplicité, a l'avantage de laisser l'injecteur bien libre ; ce qui est essentiel, quand l'injecteur est maintenu sur son support par deux

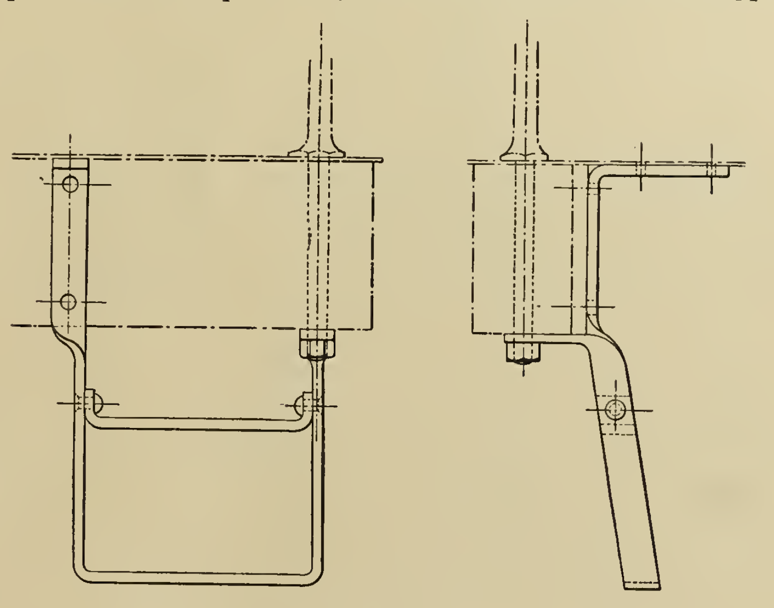


Fig. 66 *bis*.

boulons trop serrés, il se trouve soumis, du fait du serrage de ces boulons et de la dilatation, à des flexions et il n'est souvent plus étanche.

Le support du graisseur à condensation est une simple pièce en fer plat pliée d'équerre et boulonnée à la chaudière.

Enfin nous donnons (fig. 66 *bis*) le dessin d'un marchepied en fer plat plié placé à l'avant de la locomotive.

Purgeurs.

Les purgeurs, au lieu d'être constitués par des robinets à boisseau, comme dans la plupart des locomotives de construction européenne, sont de simples soupapes que la pression de la vapeur maintient naturellement fermées et dont l'ouverture est obtenue par une bielle en fer dont les deux extrémités forment deux plans inclinés ; quand on fait mouvoir cette bielle, ces deux plans inclinés viennent rencontrer les tiges des soupapes et déterminent leur remontée. Nous donnons (fig. 67 et 69) l'ensemble et quelques détails du mouvement des purgeurs d'une machine à deux essieux couplés des ateliers Baldwin.

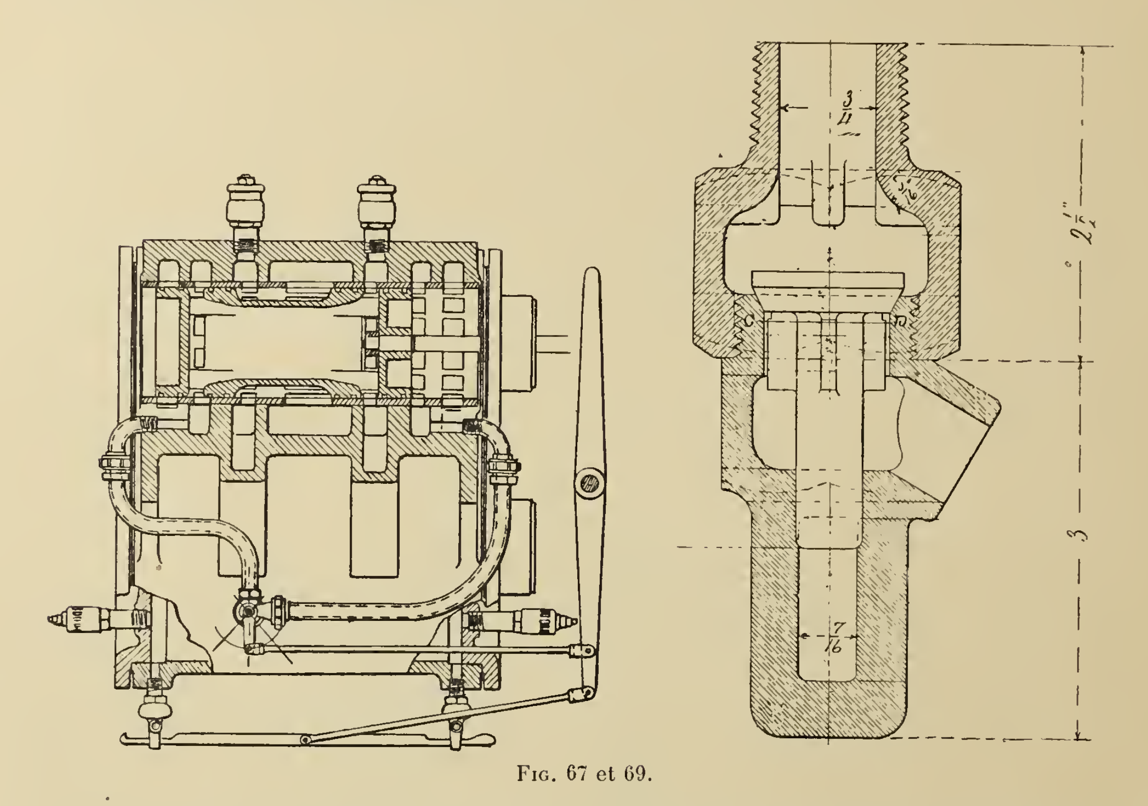


Fig. 67 et 69.

Ce mouvement est beaucoup plus simple et beaucoup plus robuste que les mouvements avec renvoi à sonnette que l'on rencontre généralement sur les machines de construction européenne.

Notons un détail de construction peu visible sur les plans à petite échelle. L'arbre de commande des bielles commandant les soupapes des purgeurs est en trois parties, les extrémités des arbres sont tournées en cône et les bras sont fixés par serrage par des écrous goupillés ; ce mode d'assemblage, très fréquent dans les constructions américaines, est très simple et donne des résultats satisfaisants pour les pièces qui ne sont pas soumises à des efforts considérables.

Timonerie.

Le dessin de la timonerie de frein des machines américaines, bien que se rapprochant, dans son ensemble, du dessin du frein de nos locomotives, est beaucoup plus simple et d'une exécution beaucoup moins coûteuse.

La fig. 70 indique l'ensemble de la timonerie de frein d'une machine à 2 essieux couplés construite aux Ateliers Baldwin.

Les sabots, disposés de manière à ne frotter que sur le boudin et la partie du bandage qui ne sert pas normalement au roulement, sont suspendus à des balanciers porte-sabots d'un dessin analogue aux nôtres.

L'extrémité inférieure du balancier porte-sabot est articulée à un balancier horizontal

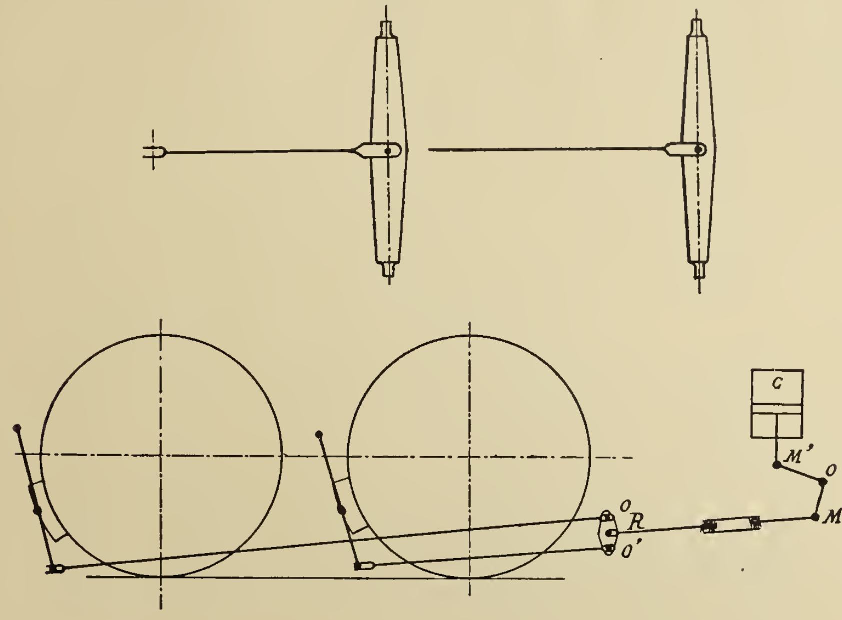


Fig. 70 et 71.

ayant la forme d'un solide d'égale résistance, mais plus léger que la pièce analogue de nos machines.

Dans son milieu, ce balancier est articulé à une bielle à chape (bielle composée d'une chape forgée soudée à une simple tige de fer rond).

Les deux bielles de tirage viennent aboutir à un balancier OO' ; à égale distance de O et de O' est articulée la bielle de tirage RM dont l'extrémité M est articulée à l'arbre à levier M' O M (cet arbre est, dans la machine en question, en acier moulé).

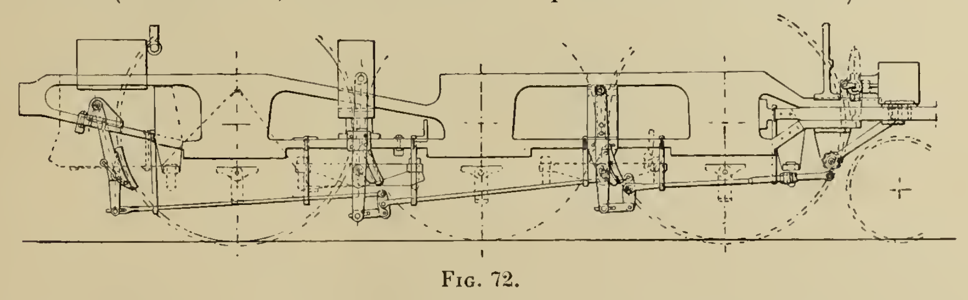


Fig. 72.

Cet arbre est commandé par le cylindre à frein C, qui se trouve souvent boulonné au-dessous de la plate-forme d'attelage arrière.

On voit que ce dessin est très simple, qu'il réduit à *un seul* le nombre *des arbres de frein* ; il assure une égale pression de chacun des quatre sabots sur les roues motrices.

L'extrémité des balanciers articulés aux leviers porte-sabots n'est pas filetée et ne porte pas d'écrou.

Le réglage des sabots se fait à l'aide d'un tendeur placé sur la première bielle de

tirage. Un ressort en U empêche le talon supérieur du sabot de venir frotter contre le bandage quand le frein est desserré.

Quand il y a trois essieux (fig. 72), la disposition reste la même ; les bielles de tirage des deux premières paires de roues aboutissent à un balancier relié par une bielle à un second balancier dont l'extrémité est articulée à la bielle de tirage de la paire de roues arrière en un point tel que la pression soit la même sur les trois paires de roues.

La bielle de commande RM est, dans tous les cas, munie d'un tendeur qui sert à régler le frein suivant l'usure des sabots.

Dans beaucoup de machines à trois essieux couplés et dans toutes les machines à quatre essieux couplés, les organes de tirage sont doublés comme dans nos locomotives ; chaque balancier est articulé au voisinage de ses extrémités à une bielle de tirage ; mais

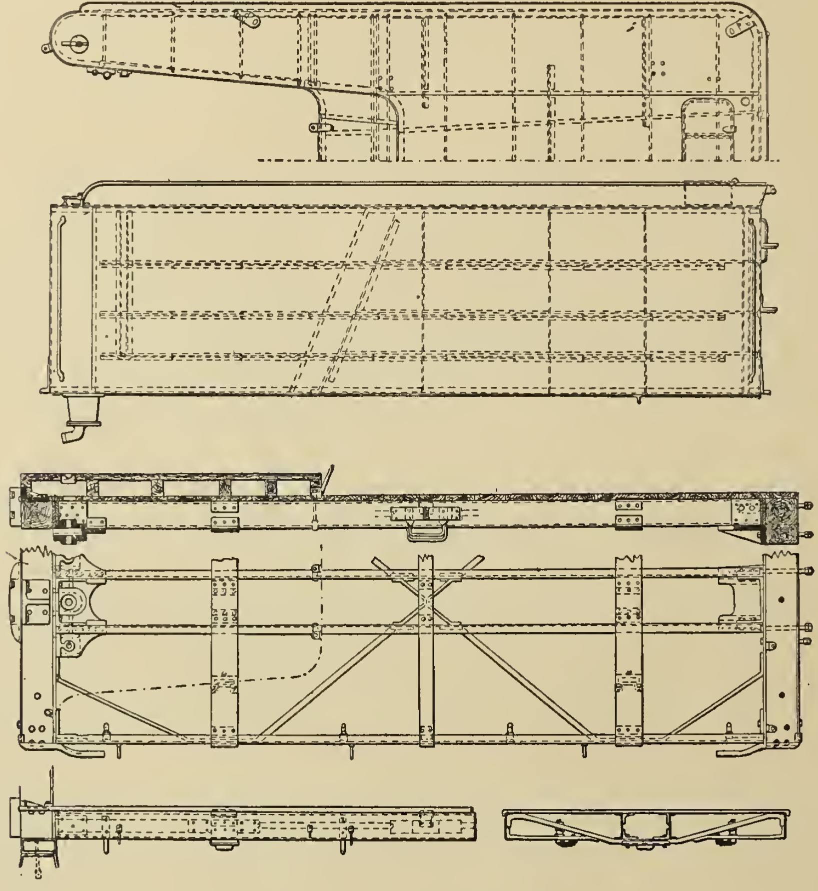


Fig. 73.

la disposition générale reste la même ; il n'y a jamais qu'un arbre à levier, les renvois de mouvement et la répartition des charges se faisant toujours par des balanciers auxquels sont articulés les bielles de tirage.

Le dessin (fig. 72) donne l'ensemble de la disposition du frein dans les machines à grande vitesse du *Baltimore and Ohio* ; le cendrier s'étendant dans ces machines jusqu'à l'arrière des longerons, le cylindre de frein a été placé à l'avant.

On voit, sur ce dessin, les brides de sécurité des bielles de tirage formées fers plats pliés et boulonnés aux longerons.

Dans les machines à quatre essieux couplés, en raison du petit diamètre des roues et

du peu d'espace qui reste entre elles, on renonce à l'emploi de balanciers porte-sabots, c'est le balancier horizontal qui porte les sabots à ses extrémités et qui est suspendu aux longerons par des bielles.

Tender.

Le tender, dans la machine américaine, est traité très simplement bien que fort solidement ; c'est un solide châssis de wagon porté sur deux bogies, sur le châssis règne un plancher sur lequel est posée la caisse.

Le châssis du tender est le plus souvent en fer avec deux traverses extrêmes en bois.

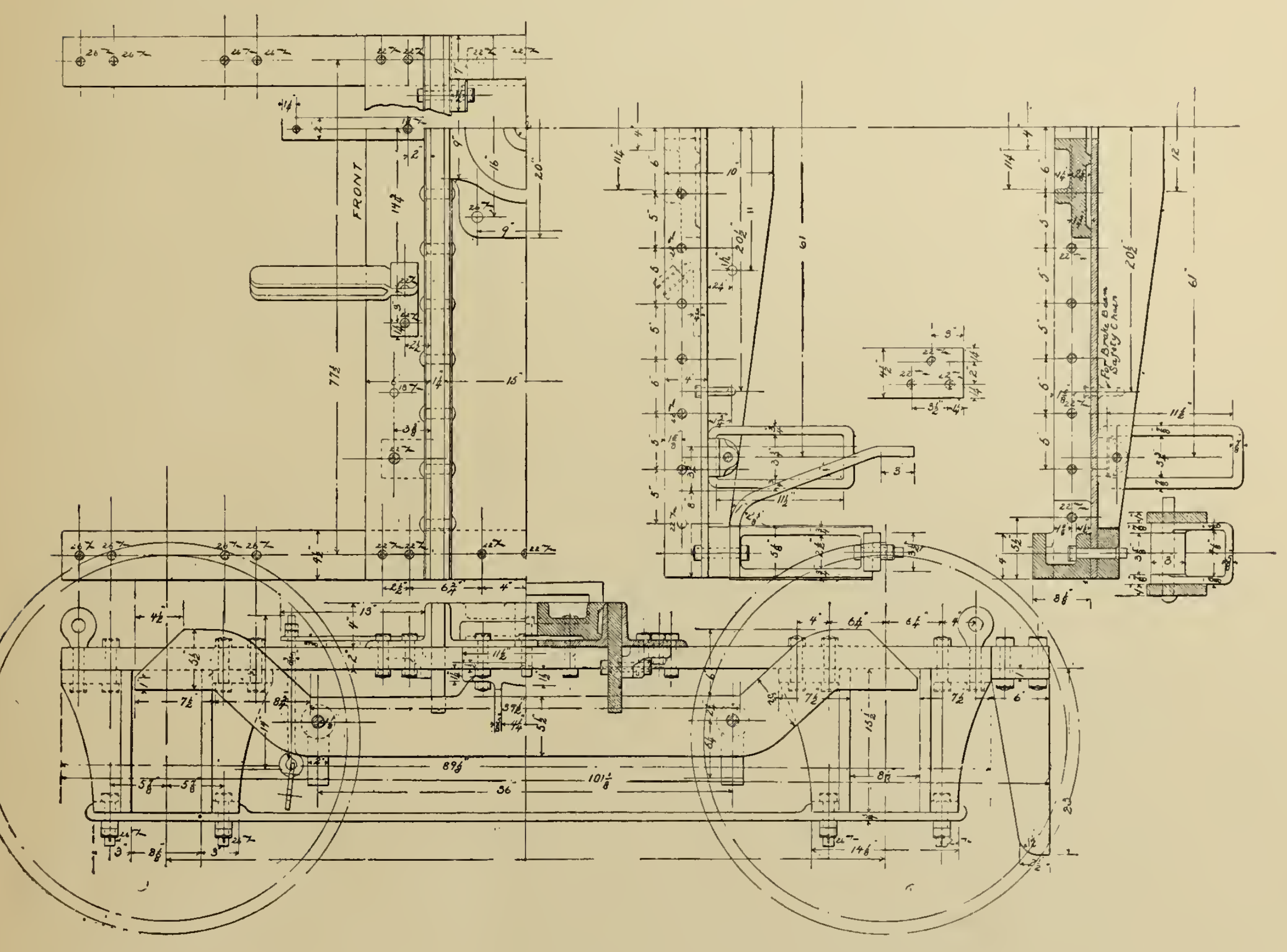


Fig. 74.

Il est essentiellement constitué par quatre fers en U, deux brancards latéraux et deux flèches au milieu (fig. 73).

Cet ensemble est relié aux deux extrémités par deux fers plats sur lesquels sont boulonnés les traverses en chêne ; ces fers plats et les traverses sont boulonnés sur des équerres en fer plié au droit des traverses supports du bogie ; ils sont entretoisés par ces traverses dont le dessin ci-contre montre nettement la construction.

Dans le milieu, les fers en U sont reliés entre eux par un fer également rivé à des équerres en fer plié. Entre chaque brancard et la flèche du milieu correspondante, le châssis est raidi par quatre pièces, deux en fer plat, et deux en fer rond avec pattes étirées.

Enfin deux pièces de fonte sont boulonnées entre les deux flèches du milieu pour servir à l'attelage entre la machine et le tender et entre le tender et le train.

Dans toute cette structure, il n'y a absolument que des fers pliés ou bien des fers coupés de longueur.

Les bogies sont de divers types, souvent du même type que les bogies de wagon. La fig. 74 représente un type de la maison Baldwin dont la construction ne comporte que des fers plats à dés profilés.

La caisse est également des plus simples. Elle a tous les coins arrondis, de manière à éviter les assemblages des cornières *dans les angles*.

Les flancs sont raidis par deux ou trois rangées de fers en T ou des groupes de deux cornières séparées entre elles par un intervalle de quelques millimètres ; l'entretoisement des flancs est formé par des fers ronds pliés d'équerre à leurs extrémités et passant dans des trous ou par des fers plats boulonnés entre les deux cornières.

La partie inclinée de la caisse est également entretoisée d'une manière analogue avec le fond de la caisse. Des tôles, disposées en quinconce et s'appliquant sur des cornières rivées à la partie supérieure et au fond de la caisse, s'opposent aux déplacements violents de l'eau.

La caisse est fixée au châssis par quatre équerres boulonnées à la traverse arrière ; deux équerres boulonnées aux flèches du milieu à la hauteur du fond de la soute à houille et deux autres équerres boulonnées à la traverse avant.

Enfin, un T rivé au-dessous de la caisse à la hauteur de la traverse support du bogie arrière, vient appuyer par son aile qui passe entre deux planches contre la traverse support arrière.

CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE

Une erreur très fréquemment commise en voulant expliquer le bas prix auquel les constructeurs américains livrent leurs locomotives est de supposer qu'ils les construisent par centaines, sur des dessins absolument invariables. Rien n'est plus inexact ; la plus forte commande de machines du même type, que les ateliers Baldwin aient construites à la fois n'a pas dépassé 80 locomotives; et, en feuilletant les catalogues des constructeurs : Baldwin, Schenectady, Pittsburgh locomotive Works, on se rendra compte de la très grande variété des types.

Dans ces dix dernières années, les différents réseaux américains ont été en augmentant continuellement la puissance de leurs machines, et au point de vue de *leurs dimensions*, il y a autant de variété qu'en France sur un même réseau. A plus forte raison, est-on loin de l'uniformité des types et des pièces du mécanisme de certaines Compagnies anglaises, telles que le *London and North Western* et le *Lancashire and Yorkshire Railway*.

Mais les constructeurs américains ont pour eux quelque chose de plus avantageux encore que l'adoption de types invariables comme dimensions, c'est l'uniformité du dessin général de la locomotive et la simplicité du dessin des différents organes.

La locomotive peut être à deux essieux couplés, roues de 2 mètres de diamètre, et munies d'un bogie, ou bien, à quatre essieux couplés, roues de 1 m. 400 et bissel à l'avant, les cylindres seront toujours placés à l'avant, serviront toujours de support à la chaudière et auront toujours, sauf dans le cas des compound à quatre cylindres et des machines à tiroir cylindrique, le même dessin général.

L'entretoisement du châssis différera par le nombre des entretoises, mais elles seront *toujours* des deux mêmes types ; plaque de fonte ou d'acier coulé, à nervures, placée à l'avant du cylindre et à l'arrière de la machine, et entretoises en fer de faible section servant à maintenir l'écartement des longerons.

Le mouvement de distribution sera toujours placé entre les longerons, et toujours du même type, ainsi que le changement de marche à levier.

La prise de vapeur sera toujours du type à soupape équilibrée et les tuyaux de prise de vapeur toujours à l'intérieur de la boîte à fumée, et assemblée aux cylindres de la même manière.

La chaudière pourra différer beaucoup de forme, mais on retrouvera, dans de nombreux détails, la même uniformité générale de dessins.

Au point de vue de la simplicité d'exécution des pièces, on n'exagère rien en affirmant que le mouvement de distribution de la machine américaine, quelle qu'elle soit, est deux fois moins coûteux que le mouvement de distribution des machines de construction continentale à cylindres extérieurs.

Que le tablier supporté par la chaudière ne revient pas au quart du prix du nôtre.

Que les châssis de bogie du modèle dont nous avons donné le dessin, que les boîtes, la suspension, peuvent être établis pour un prix bien inférieur au prix des organes analogues de nos machines.

Il serait facile de multiplier des exemples, mais on peut déjà tirer la conclusion suivante : c'est que, s'il convient, comme nous le verrons plus loin, de faire, au point de vue de la construction rapide et économique de la machine, une très large part à la puissance de l'outillage américain et à la somme de travail fournie par l'ouvrier américain, l'importance de simplicité de dessin de l'ensemble et des détails joue aussi dans cette question un rôle considérable.

Les constructeurs américains tirent de grands avantages de cette uniformité générale de dessin. *Quelques modèles de poulies et de colliers d'excentriques d'arbres de relevage, de boîtes, trois ou quatre bogies de différentes dimensions suffiront pour construire un grand nombre de locomotives différant entre elles soit par le nombre des essieux, soit par les dimensions générales.*

Je citerai, à ce sujet, un simple fait : lors de ma visite aux Ateliers du Canadian Pacific, à Montréal, l'ingénieur, M. Atkinson, me fit remarquer que les dessins d'une compound Vauclain, que l'on essayait le 4 juillet, avaient été commencés le 1er mai. Or, le bureau de dessin de cet atelier comprend trois *dessinateurs*. Cette étude et cette construction, si rapides (surtout avec un atelier peu important), ne sauraient se faire dans le même temps en France, où, en raison des dispositions et des types adoptés, tout doit être repris en entier, depuis le modèle des cylindres jusqu'aux détails de la timonerie et du cendrier.

Il est facile de trouver les raisons qui ont amené les constructeurs américains à cette *uniformité* de dessin, et facile de reconnaître également pour quelles raisons cette uniformité ne se retrouve pas en Europe.

Parmi ces raisons, il faut citer, en premier lieu, la vaste expérience accumulée par les Établissements tels que Baldwin, Schenectady, Brooks, constamment en rapport avec leurs clients, soit pour étudier de nouveaux dessins, soit pour suivre sur leurs lignes leurs machines en service. Entre les mains des directeurs de ces deux établissements, la locomotive subit une sorte d'évolution, devient le produit d'une sélection où ne survivent que les dispositifs et les proportions reconnues les meilleures. L'ingénieur américain est doublé d'un commerçant qui recherche l'article qui se vend le plus, qui écarte toutes les complications inutiles, tout ce qui ne « paie pas ».

En Europe, au contraire, la locomotive a été développée par des ingénieurs souvent plus préoccupés de chercher le développement d'idées personnelles, de faire une œuvre originale, que de fouiller ce qui se fait à droite et à gauche, pour y prendre les dispositions reconnues expérimentalement les meilleures et les plus simples.

Le mauvais état d'une partie des voies, surtout dans les temps de leur établissement

a aussi imposé, aux États-Unis, dès le début, ces deux dispositifs : le bogie, pour faciliter le passage des courbes raides, et l'articulation des ressorts pour permettre à la machine de suivre les dénivellations résultant de voies imparfaitement ballastrées. Le longeron en fer forgé est venu, paraît-il, d'Angleterre; les Américains n'avaient garde de renoncer aux précieuses simplifications qu'il permet dans la construction.

Quant aux raisons qui ont amené cette *simplicité de dessin*, que nous avons signalée fréquemment, elles ne sont pas non plus difficiles à reconnaître.

C'est, en premier lieu, la concurrence entre les constructeurs, qui leur fait éviter toute pièce d'une exécution compliquée et par suite coûteuse.

C'est la proximité du bureau de dessin et de l'atelier, qui force le dessinateur, qui, le plus souvent, a travaillé lui-même, à se rendre compte de la difficulté d'exécution d'une pièce et de son rôle dans la locomotive, et fait qu'il en détermine la forme par d'autres motifs que de raccorder convenablement deux arcs de cercle et ne sépare pas la question « comment ferons-nous la pièce » de celle-ci : « quelle forme lui donnerons-nous ? »

C'est l'infériorité et la rareté de la main-d'œuvre, principalement de la main-d'œuvre de forge, qui force à éviter toute pièce de forge compliquée, et à faire le plus large usage possible des fers laminés ou des profilés, ou des formes obtenues, par simple étirage.

Il faut enfin reconnaître que le dessin de la locomotive américaine révèle, *en beaucoup de points*, *une conception plus juste* du rôle que la pièce a à jouer dans la locomotive; cela tant au point de vue du dessin général que de l'exécution matérielle.

Quel est, par exemple, le rôle du tablier dans une locomotive, c'est de faciliter l'accès des soupapes, du sifflet, de la sablière, de permettre de faire le tour de la locomotive. L'Américain le conçoit tel, et l'exécute comme il exécuterait un plancher de service dans un atelier. Il sera constitué par une série de consoles auxquelles seront boulonnées des planches ou une feuille de tôle.

Tout en ayant le même rôle dans les locomotives européennes, il ne le remplit souvent pas, car le dessinateur le place de la façon qui semble plaire le mieux à l'œil ; il se fond avec le reste de la locomotive, va chercher un appui sur les supports des glissières de piston, s'infléchit à l'avant et constitue finalement une construction très coûteuse.

De même pour l'abri. L'américain le conçoit comme une cabine pour abriter les agents. Il posera le même abri sur une dizaine de machines différentes ; l'abri, chez nous, sera encore tracé d'après les mêmes considérations que le tablier.

Du fait qu'une pièce appartient à une locomotive, elle est traitée, sur la locomotive européenne, comme une pièce de machine à vapeur, tant comme dessin que comme exécution.

Aux États-Unis, le frein est traité comme un frein de véhicule, aux dimensions près; de même, la suspension est traitée comme une suspension de véhicule, sans beaucoup plus de soin de fini ou d'exactitude.

DEUXIÈME PARTIE

Construction des locomotives.

Nous essaierons, dans cette deuxième partie, de donner une idée de l'outillage et des procédés de fabrication des ateliers de locomotives des États-Unis.

Sans nous attacher à donner une description générale des ateliers de forge, fonderie, ajustage et montage, nous indiquerons, à propos des principales pièces, les machines-outils les plus récentes employées pour leur usinage.

La forge et la fonderie offrent, dans les ateliers de construction de locomotives, moins d'intérêt pour le constructeur européen que les ateliers d'ajustage, chaudronnerie et montage. Les constructeurs américains ont cherché à simplifier le plus possible le travail de forge, et à n'avoir (sauf le longeron) que des pièces très simples, ne demandant guère que du travail d'étirage; depuis quelques années, l'acier moulé a, d'ailleurs, remplacé le fer forgé pour un grand nombre de pièces.

Pour ce qui est de la fonderie, la grande variété des modèles, le petit nombre des pièces à répétition excluent les installations mécaniques pour le moulage et la manutention des pièces, du sable, etc..., installations qui ont fait la réputation des fonderies américaines comme celles de la Cie Westinghouse à Wilmerding, celle de Mac-Cormick à Chicago.

On ne s'étonnera donc pas de la place peu importante que nous réserverons aux travaux s'effectuant dans les ateliers de forge et de fonderie.

Les noms des constructeurs suivants : Sellers, Bement et Miles, Niles Tools Works, reviendront souvent, chaque fois qu'il sera question de machines-outils, cela ne veut pas dire qu'il n'y ait pas d'outils convenables pour la construction de la locomotive en dehors de ces établissements, mais il est certain que ces ateliers ont beaucoup contribué à la création d'un outillage robuste et très bien adapté aux besoins des conducteurs de locomotives.

Les ateliers Sellers touchent les ateliers Baldwin, ceux de Bement et Miles en sont situés à moins d'un kilomètre. Ces deux établissements sont donc admirablement placés pour se rendre compte des besoins d'un atelier de locomotives, pour étudier l'outillage spécial et le suivre dans son fonctionnement.

Les ateliers de MM. Sellers à Philadelphie méritent, entre autres, une mention toute particulière; les machines-outils sortant de ces établissements se reconnaissent facilement par l'originalité de leur conception, leur remarquable adaptation au travail qu'elles ont à effectuer et leur très grande puissance.

Les ateliers Sellers ont fourni la plus grande partie du gros outillage des ateliers Baldwin, ainsi que beaucoup d'outils pour les ateliers de construction du Pennsylvania Railroad, à Juniata, près d'Altoona Pa.

Peu de constructeurs ont exercé sur le développement de toutes les branches de la mécanique autant d'influence que MM. Sellers : la création du type de filetage le plus répandu, l'établissement de modèles de paliers et d'organes de transmissions aujourd'hui devenus classiques, l'invention d'un type d'injecteur extrêmement répandu, l'étude et l'exécution d'une partie de l'installation des forces motrices du Niagara sont, en dehors de la construction des machines-outils de toute nature, une partie de l'œuvre de ces établissements.

Tandis que les ateliers américains se spécialisent de plus en plus dans telle ou telle branche de la construction, les établissements Sellers les abordent toutes avec le même succès; en 1899, on pouvait voir en construction simultanément des vannages pour les usines du Niagara et des machines à composer, des transbordeurs et des moulins à sable pour fonderie, des injecteurs et des organes de transmission : poulies et paliers, des machines à essayer, etc.

Ne construisant pas en série, et établissant surtout de l'outillage adapté à un but bien déterminé, ces constructeurs demandent, pour leurs machines, un prix très élevé, que justifient seules la perfection de la fabrication et la grande production qu'elles peuvent fournir.

Les ateliers Bément et Miles construisent spécialement du gros outillage pour les ateliers de chemin de fer, la marine, etc.

MM. Hilles et Jones, dont les ateliers sont situés à Willmington, à quelque 30 kilomètres de Philadelphie, ont une spécialité d'outillage pour chaudronnerie : cisailles, poinçonneuses, machines à cintrer.

Enfin, nous aurons l'occasion de signaler l'outillage des maisons suivantes : *Pond Machine Tools*, gros outillage d'ajustage renommé pour sa puissance; *Warner et Swansee*, outillage pour le travail de la robinetterie ; *Jones et Lanson*, tours à décolleter ; *Newton Machine Tools*, fraiseuses horizontales et scies à froid; *Harrington*, perceuses.

Fabrication des longerons. — Le longeron en fer est, comme on peut s'en rendre compte d'après les dessins, une pièce d'une exécution difficile et demandant des ouvriers expérimentés.

La partie supérieure du longeron ou rail est généralement forgée en étirant à la sec-

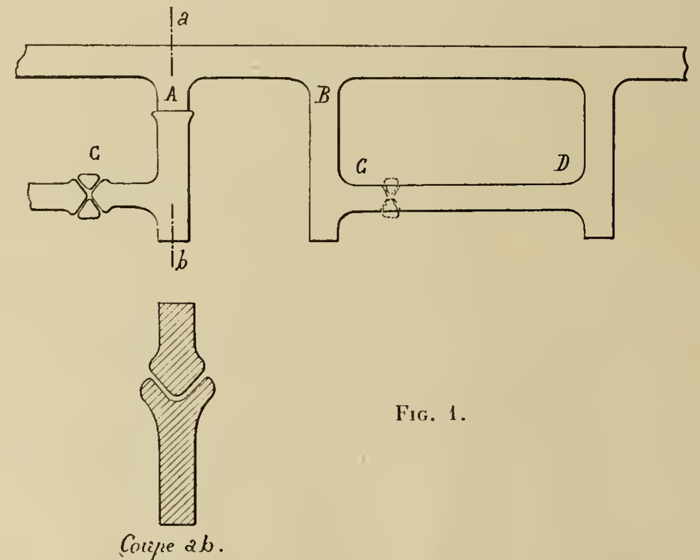


Fig. 1.

tion convenable un paquet de fer, que l'on compose, autant que possible, de morceaux de ferraille d'une certaine longueur; on ménage, vis-à-vis des pieds droits, en A et en B (fig. 1), des bossages qui permettent de préparer les amorces des soudures.

Les pieds droits sont forgés séparément et soudés en A et B par une soudure en gueule de loup ; la soudure en C est une soudure à coins de la même nature que celle que l'on pratique souvent en France dans les cadres de foyers.

La partie C D, entretoisant les longerons, était souvent, il y a quelques années, rapportée et assemblée par des boulons, mais cette disposition est abandonnée aujourd'hui comme manquant de solidité.

Le travail de ces pièces se fait au four pour l'étirage de la partie supérieure du rail. On emploie pour ce travail des pilons de divers constructeurs.

La fig. 2 représente un des pilons livrés par les établissements Sellers aux ateliers

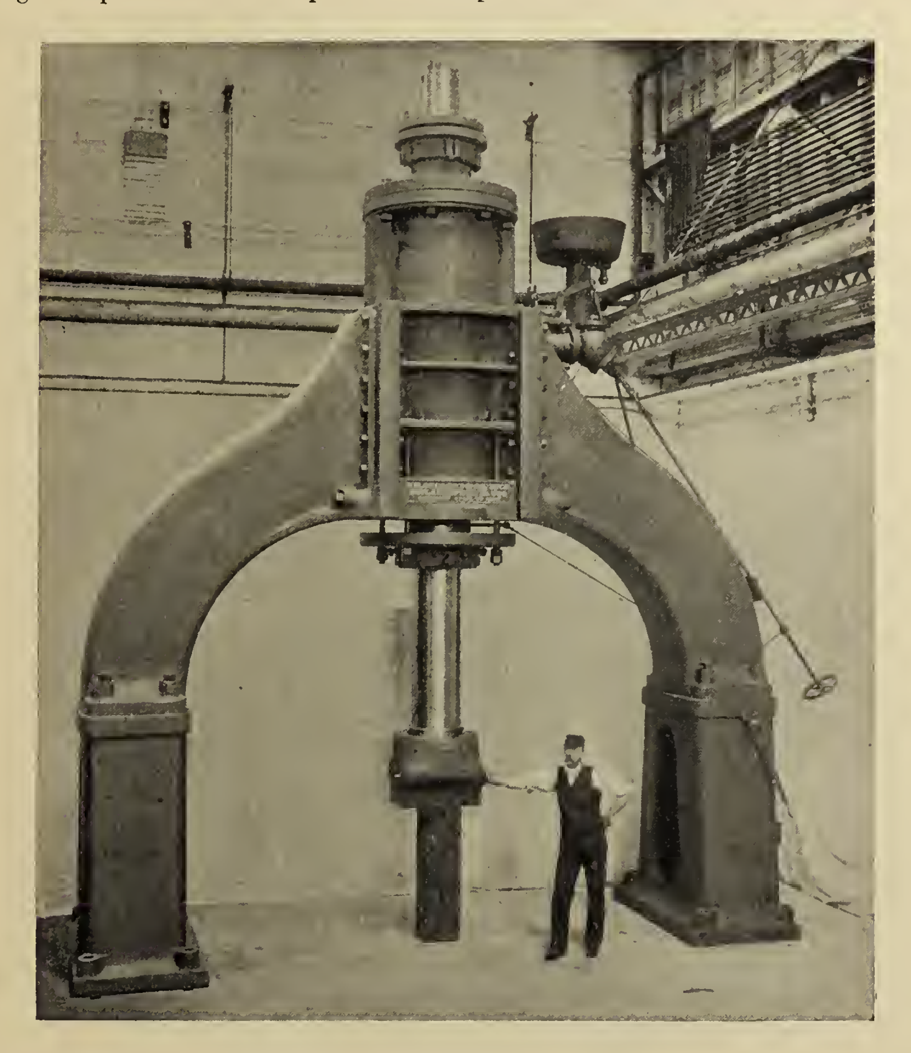


Fig. 2. — Pilon *Sellers* à double effet.

Baldwin ; c'est un pilon à double effet, dans lequel le poids de la masse tombante est, en grande partie, constitué par la tige qui se prolonge au delà du piston en une contre-tige de très fort diamètre ; il n'y a d'autres guides que les deux presse-étoupe ; on a, grâce à cette disposition, un pilon très dégagé et très commode pour l'exécution des pièces de forme compliquée.

Nous signalerons un détail de construction de ce pilon qui peut être avantageusement appliqué à beaucoup de pilons après leur construction.

Dans presque tous les pilons, la vapeur s'échappe par un tuyau horizontal qui se

recourbe et aboutit à un tuyau de grande longueur débouchant au-dessus du toit de la forge (fig. 3). Ce tuyau vertical est très lourd, et, malgré les brides qui le maintiennent sur le joint C D, il est difficile de maintenir ce joint en état soit qu'il crève, soit que la collerette se débrase par suite des vibrations provenant du pilon.

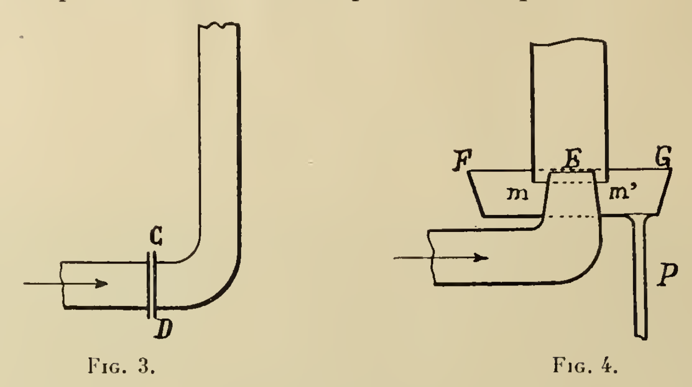


Fig. 3. Fig. 4.

Dans l'échappement système Collins (fig. 4), appliqué aux pilons Baldwin, le tuyau d'échappement est interrompu en E et se continue par un tuyau vertical de plus grand diamètre, placé dans son prolongement, mais absolument indépendant du pilon ; la vapeur, au sortir du tuyau E, se comporte comme la vapeur sortant de l'échappement d'une locomotive, et ne tend pas à s'échapper par l'espace libre *m m'*.

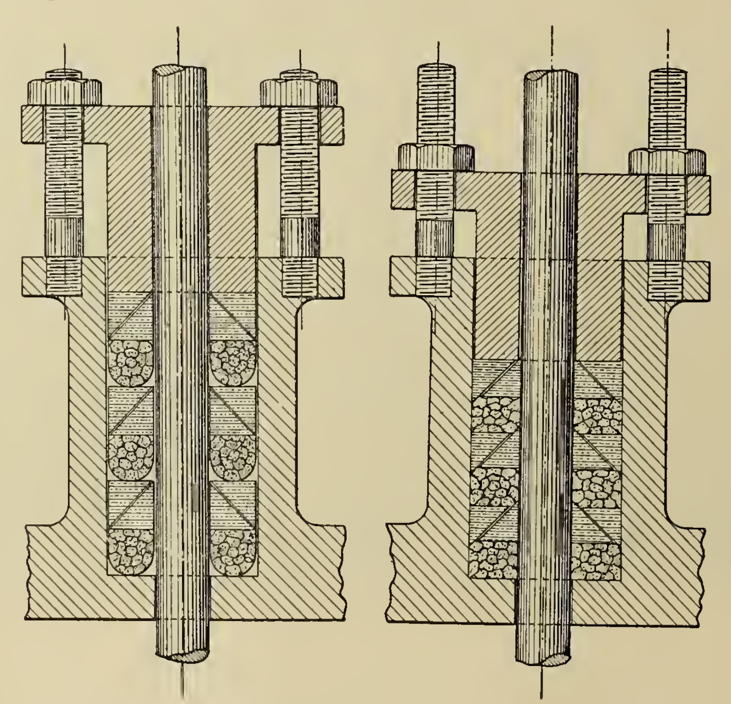


Fig. 4 *bis*. — Garnitures pour pilon, avant et après serrage.

Une auge annulaire en tôle F G reçoit les eaux de condensation du tuyau d'échappement et les évacue en P par un tube.

Cette disposition très simple évite des ruptures de joint très fréquentes dans les forges.

Les garnitures des pilons, quand elles sont faites en chanvre, demandent de fréquentes réfections qui sont une cause de dépense tant par suite du travail qu'elles exigent

que par suite de l'immobilisation du personnel travaillant au pilon; nous donnons (fig. 4 *bis*) la coupe d'une garniture en usage aux États-Unis. Cette garniture est employée aux ateliers Baldwin pour les pilons; des garnitures de ce type peuvent durer un an sans réfection.

Les plus gros pilons des ateliers Baldwin sont de 4.500 kilos. Ceux des ateliers du Pensylvania, à Juniata, de 2.700 kilog. Pour l'exécution des soudures, un pilon de 800 kilog. est suffisant; les pilons employés pour cette opération sont analogues, comme forme, aux pilons type Farcot.

Les longerons sont fort difficiles à manier; dès qu'on a commencé à faire la soudure

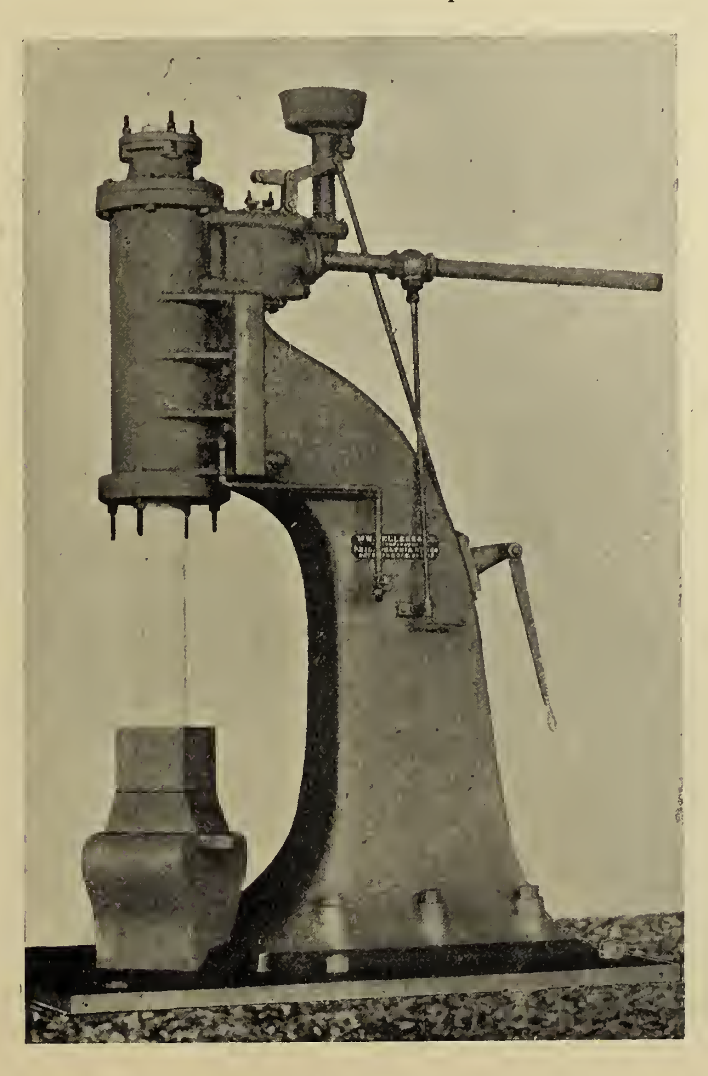


Fig. 5. — Pilon *Sellers* pour soudure de longerons.

des pieds droits, il faut les équilibrer convenablement de manière à pouvoir les retourner facilement.

Les forgerons employés à ce travail se paient 25 fr. et plus, et les pièces qu'ils produisent n'ont pas toujours un aspect très satisfaisant.

La difficulté d'exécution de ces pièces et le nombre des soudures qu'elles comportent devaient naturellement conduire à essayer de les faire en acier moulé. Cet essai a été fait par plusieurs constructeurs, et il y a actuellement, aux États-Unis, beaucoup de locomotives munies de longerons en acier coulé. Bien que beaucoup d'ingénieurs considèrent

cette application comme encore hardie, elle ne paraît pas, à l'heure actuelle, avoir donné lieu à aucun ennui.

Quelques raisons indépendantes de la question de sécurité arrêtent un peu le développement de cette application.

Le prix du longeron en acier moulé est très élevé aux États-Unis; ler aciéries de Midvale m'ont donné, comme prix de vente de leurs longerons, 0,63 le kilo.

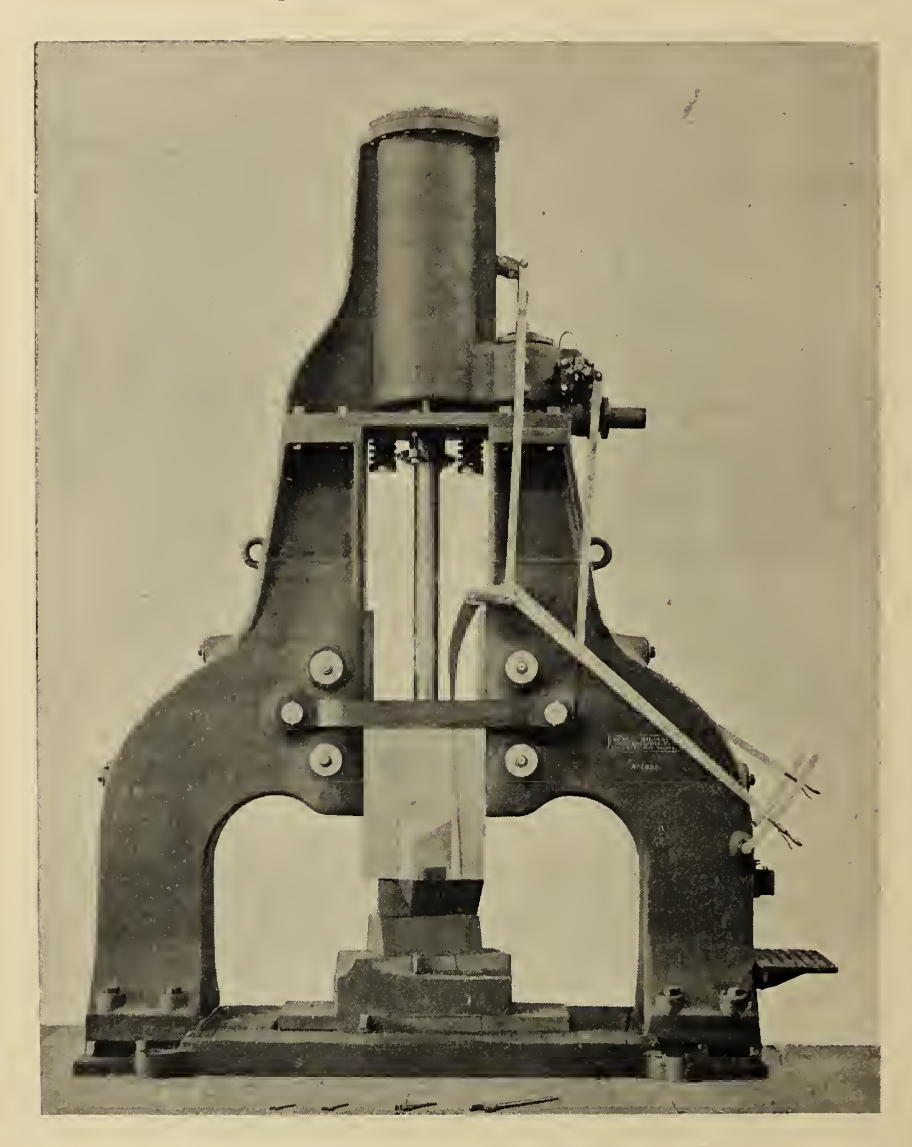


Fig. 6. — Pilon *Bement et Miles.*

L'acier moulé étant plus dur que le fer, le travail de rabotage et de mortaisage des longerons est sensiblement plus long et plus coûteux.

De plus, le rabotage des faces des longerons en acier coulé détruit l'équilibre des tensions intérieures, de sorte que, en enlevant la pièce du plateau de la machine à raboter, on la trouve généralement cintrée, et on est obligé de la redresser.

Tout compte fait, le longeron en acier coulé est actuellement plus cher que le longeron en fer que l'on fabrique avec de la ferraille en fer de très bonne qualité, valant 10 francs les 100 kilog.

Malgré ces inconvénients, leur usage se répand beaucoup, et il est probable que, dans quelques années, quand les aciéries pourront les produire à des prix plus bas, ils seront seuls employés, car ils paraissent donner à l'emploi des résultats bien supérieurs aux longerons en fer forgé.

Les ateliers de Schénectady sont particulièrement confiants dans ce genre d'application de l'acier moulé, qu'ils emploient d'ailleurs pour un grand nombre d'autres pièces.

La pratique des aciéries de Midvale est de faire venir une partie, représentée en traits

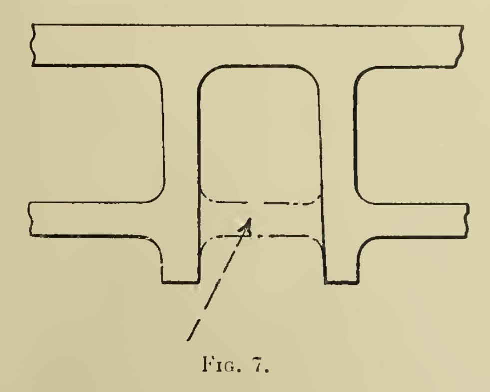


Fig. 7.

pointillés sur le croquis ci-contre, entre les pieds droits ; on évite ainsi les contractions inégales lors du refroidissement ; cette partie est ensuite coupée à la mortaiseuse.

Comme exemple de machines munies de longerons en acier coulé, je citerai la puissante machine d'express du type Atlantic qui était en construction en 1899 aux ateliers de Juniata (Pensylvania RR). Cette machine pèse, en ordre de route, 79 tonnes, et la charge est d'environ 23 tonnes sur chaque essieu moteur.

L'emploi de l'acier coulé permet enfin de faire venir avec le longeron certains supports qu'il serait difficile de faire venir de forge, principalement les supports des balanciers porte-sabots.

L'usinage des longerons se fait de la manière suivante : On commence par les raboter sur les deux faces, et on dresse, en même temps, la partie supérieure et les extrémités des pieds droits. Dans quelques types de longerons, on ne peut dresser à la machine à raboter qu'une partie de la face supérieure du longeron.

La fig. 8 représente une des machines spéciales fournies pour ce travail aux ateliers *Baldwin* ; l'entraînement de la table a lieu par vis sans fin suivant la disposition connue de la maison *Sellers* ; la vitesse de retour n'est pas moindre de 49 mètres par minute. Ces machines sont munies de trois ou quatre porte-outils.

Dans d'autres ateliers, comme les *Pittsburgh Locomotive Works*, on emploie, pour ce travail, des machines de plus grandes dimensions, sur lesquelles on met deux longerons côte à côte.

Le travail se fait en deux passes seulement, quelle que soit l'épaisseur du métal à enlever ; la première passe, de dégrossissage, laisse environ un demi-millimètre à enlever ; la deuxième passe, pour finir, se donne avec un outil d'une largeur de 20 à 25 millimètres. On place son arête coupante bien horizontalement et on dresse la surface à la côte définitive, en donnant à la main, à l'outil, pendant le mouvement de retour, une avance égale à environ sa largeur ; cette passe de finissage se fait très rapidement, l'avance étant de plus de 20 millimètres par course de la machine à raboter.

Une pièce ainsi rabotée présente à l'œil des différences de teintes, sous forme de bandes plus ou moins sombres, en nombre égal au nombre de coups d'outils, mais les irrégularités sont en pratique insensibles. Aux ateliers *Sellers*, on dresse de la même

manière tous les bancs et plateaux de machines. L'examen du fonctionnement des puissantes machines à raboter les longerons, la vue des énormes copeaux qu'elles enlèvent, donnent une idée très nette de la puissance de l'outillage américain.

Les machines à raboter les longerons ont, aux ateliers *Baldwin*, leur moteur électrique séparé ; cette disposition a été adoptée *principalement* pour éviter toute ligne de transmission et *permettre l'emploi* de transbordeurs au-dessus des machines-outils.

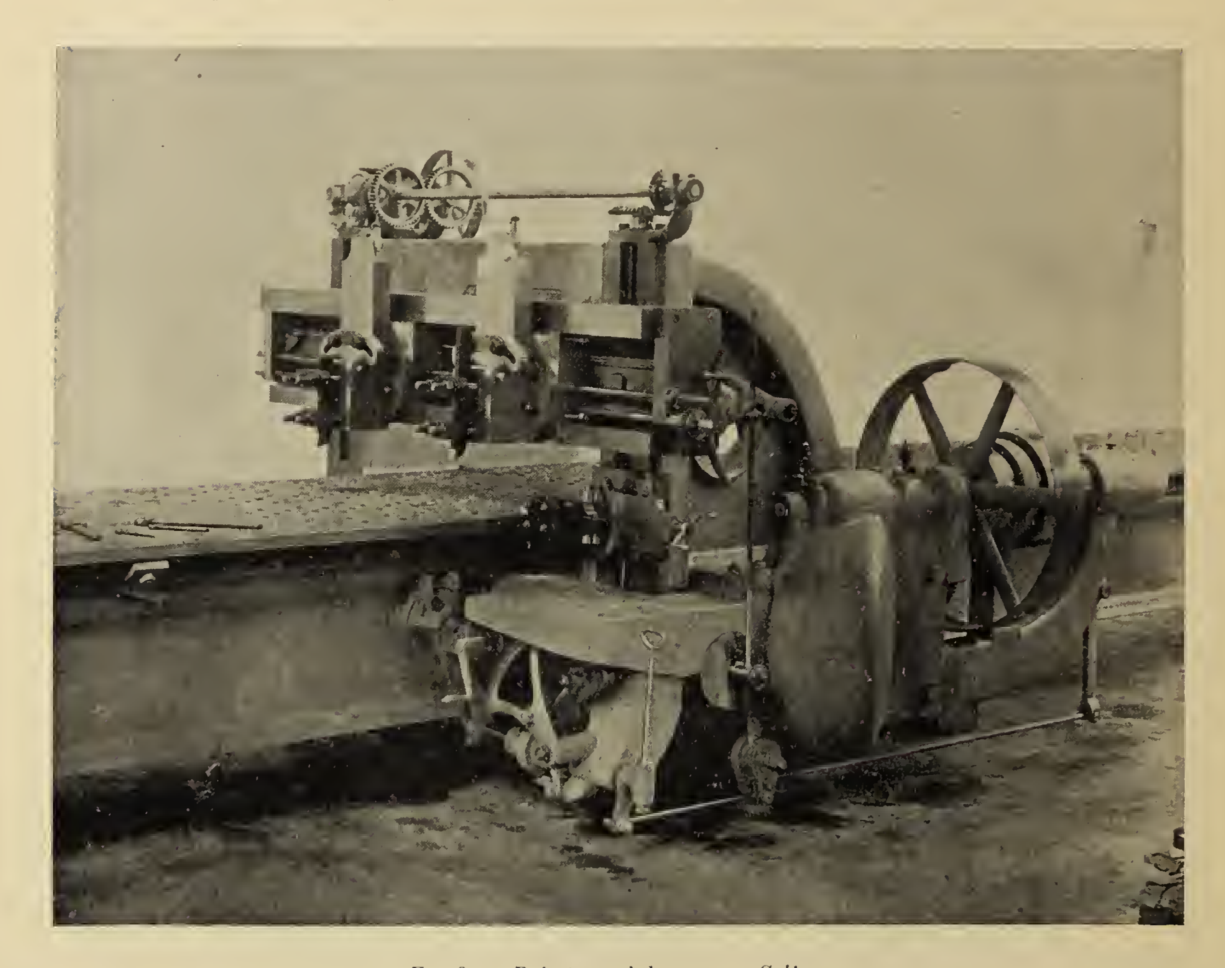


Fig. 8. — Raboteuse à longerons *Sellers*.

On ne peut donner une meilleure idée de la puissance de ces outils qu'en reproduisant les résultats d'essais faits, aux ateliers *Baldwin*, sur le travail absorbé par ces machines à raboter.

Machine à raboter *Sellers*, retour rapide 4 à 1, prenant 1^{m} 570 entre les montants, rabotant 12 ^{m} 200 de long :

Matière travaillée : fer (longeron).

Moteur seul	2 chx 3
Moteur et transmission intermédiaire seuls	4 chx 4
Machine à vide, en avant	11 chx
Machine à vide, en arrière	11 chx 8
Faisant une passe de 16^{mm} de haut, 6^{mm} 3 d'avance, à deux outils	20 chx 6

Le mortaisage des longerons se fait sur des mortaiseuses analogues à celles employées dans nos ateliers pour le découpage des longerons, mais beaucoup plus robustes. Ces machines sont munies de 2 ou 3 portiques, le plus souvent de 2. Les portiques sont

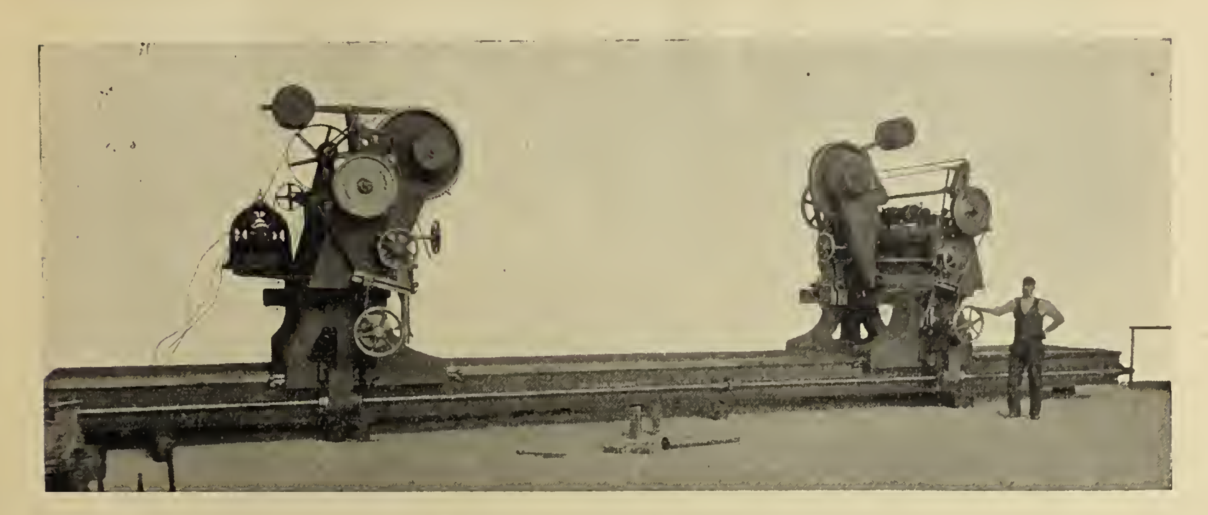


Fig. 9. — Machine à mortaiser les longerons *Sellers*.

munis de mouvement de déplacement rapide tout le long du banc, ainsi que les chariots porte-outils sur toute la longueur du portique; enfin, on peut combiner les mouvements d'avancement parallèlement et perpendiculairement au banc de manière à mortaiser suivant diverses inclinaisons.

Ces machines sont à commande par bielle. MM. *Bement* et *Miles* ont cependant construit, pour les ateliers *Baldwin*, une mortaiseuse dans laquelle la commande a lieu par crémaillère; cette machine est très puissante et a une grande course; elle permet de mortaiser 6 à 8 longerons de 100^{mm} d'épaisseur superposés.

Mais la bonne pratique est de ne pas mortaiser plus de 2 ou 3 longerons superposés; car il est difficile d'avoir des passes bien verticales quand elles sont trop longues.

Quand les longerons sont bien forgés, on s'abstient de mortaiser les contours intérieurs des évidements.

Perçage des longerons. — La plupart des trous percés dans les longerons, pour la fixation des diverses pièces, sont des trous percés sur la face supérieure du longeron dont les centres sont tous sur une même ligne. Les machines servant au perçage de ces trous se construisent avec 2 ou 3 porte-forets; le longeron est serré contre la table verticale que l'on voit à la partie inférieure de la machine. On interpose, entre cette table et le longeron, des cales d'épaisseur convenable, de façon que le plan médian du longeron coïncide avec le plan dans lequel se déplacent les porte-forets, ceux-ci n'ayant pas de déplacements perpendiculairement au bâti de la machine.

Dans les derniers modèles de ces machines (*Harrington*, constructeur à Philadelphie), les porte-forets peuvent s'incliner tout en restant parallèles au châssis, de façon à pouvoir percer les trous dans les parties inclinées des longerons.

MM. *Harrington* à Philadelphie (fig. 10 et 11) *Hilles* et *Jones*, *Bement* and *Miles*, *Bickford*, sont constructeurs de ces machines; la plupart de celles employées aux ateliers *Baldwin* viennent de la Maison *Harrington*.

Les trous perpendiculaires à la face des longerons sont percés à l'aide de radiales.

Enfin, les trous percés dans les pieds droits, pour maintenir les coins de réglage, sont percés très souvent avec des perceuses à air comprimé ou des perceuses électriques.

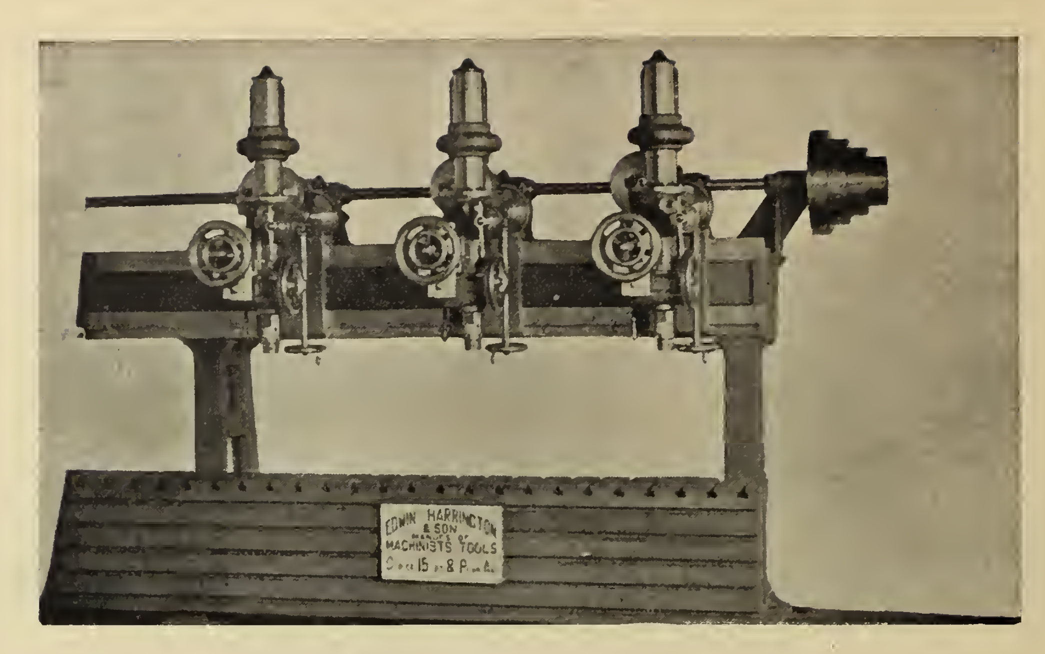


Fig. 10. — Machine à percer les longerons de *Harrington*.

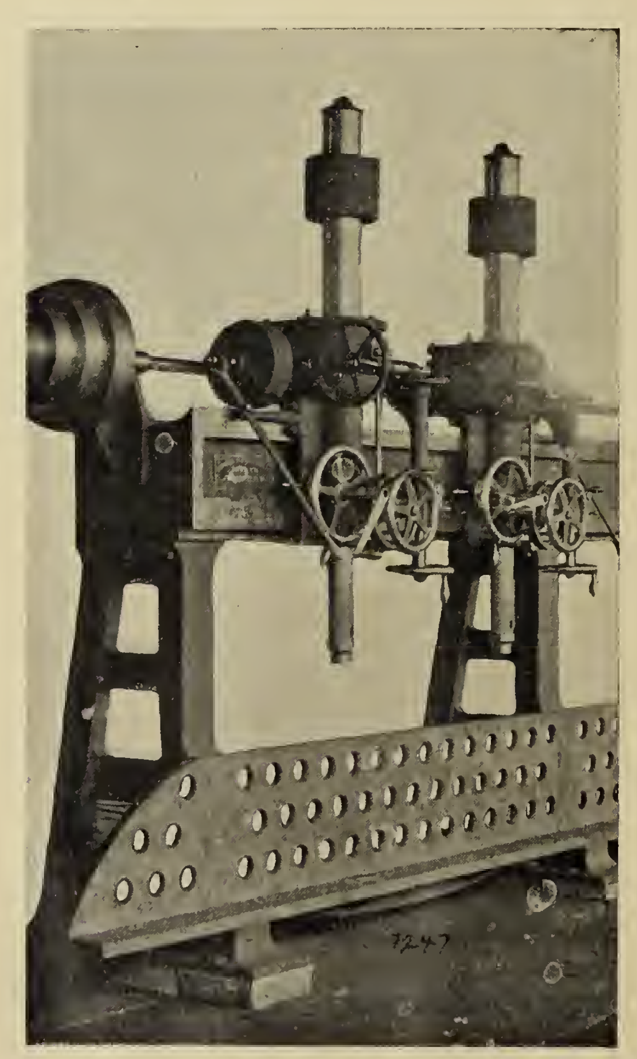


Fig. 11. — Machine à percer les trous dans les longerons (*Harrington*).

Le longeron fini de machine-outil demande encore beaucoup de travail d'ajustage à la main; il faut ajuster très exactement les clavettes assemblant les différentes parties; aléser les trous des boulons d'assemblage, etc...

On ajuste également, à l'atelier des longerons, les entretoises de plaques de garde.

Cylindres. — Les cylindres fatiguent beaucoup dans les machines américaines, en raison de la grande hauteur de la partie qui sert d'attache à la chaudière. On emploie, pour leur fabrication, de la fonte d'excellente qualité. Les mélanges employés pour les cylindres se composent généralement de 30 à 50 % de vieux corps de roues en fonte trempée, généralement d'excellente qualité, avec une proportion variable de boccage ou de fonte neuve. Voici, à titre d'indication, les proportions employées par quelques Compagnies.

RÉSEAUX	FONTE au bois	FONTE au coke	CORPS de roues de wagons	BOCCAGES
Canadian Pacific	»	33 1/2 (fonte d'Ecosse)	33 1/3	33 1/3
Baltimore and Ohio	»	33 1/3	33 1/3	33 1/3
Lake Shore and M. S	50	»	»	50
Chicago Millwaukee and Snt P	50	»	»	50

Ces compositions sont extraites d'un rapport présenté à l'Assemblée des Master Mechanic, en 1897.

Les ateliers *Baldwin*, qui disposent d'un vaste laboratoire de chimie et qui se sont livrés à une étude très complète des différents mélanges, étude que l'on trouvera résumée dans le rapport que nous venons de citer, donnent, comme résultat d'analyse des fontes leur paraissant les plus convenables :

Carbone combiné, environ........................ 0. 6 %
Manganèse, environ............................ 0. 35
Phosphore .... 0. 06 à 0. 09
Soufre.... .... 0. 07 à 0. 12

Résistance par millimètre carré, 19 k. 1 à 23 k. 2.

Beaucoup de constructeurs ajoutent de l'acier en proportion variable : *Pittsburgh Locomotive Works* : 10 %; les *Brooks Locomotive Works* : 25 % et même 30 %. Cet acier est ajouté généralement sous forme de chutes de tôle, débouchures de poinçons, débris de ressorts, etc.

Ce mélange d'acier donne à la fonte une très grande résistance par millimètre carré; aux ateliers *Brooks*, la résistance est de 23 kilog. par millimètre carré en moyenne, résistance considérable pour de la fonte. Le retrait mesuré, pour chaque cylindre, est de 11 millimètres par mètre, ce qui est assez élevé.

Le moulage des cylindres se fait à plat et généralement sans masselotte.

Les cylindres ne sont pas tracés; on les fait reposer sur le banc de la machine à aléser sur 2 V en fonte de hauteur convenable, au moyen de quelques cales en tôle. L'ouvrier corrige les quelques différences qu'il pourrait y avoir entre l'axe de la barre à aléser et l'axe intérieur du cylindre, puis il serre solidement le cylindre par un collier; il faut que la pièce soit assujettie très fortement, car le travail se fait extrêmement vite. L'avance, pour la passe de dégrossissage, atteint 3 millimètres par révolution, avec des

passes de 12 millimètres de haut. En même temps qu'on alèse le cylindre, on dresse les deux faces ou moyen de deux porte-outils ; la figure 12 représente une machine à aléser les cylindres de *Bement et Miles*, et la figure 13 le modèle *Sellers*.

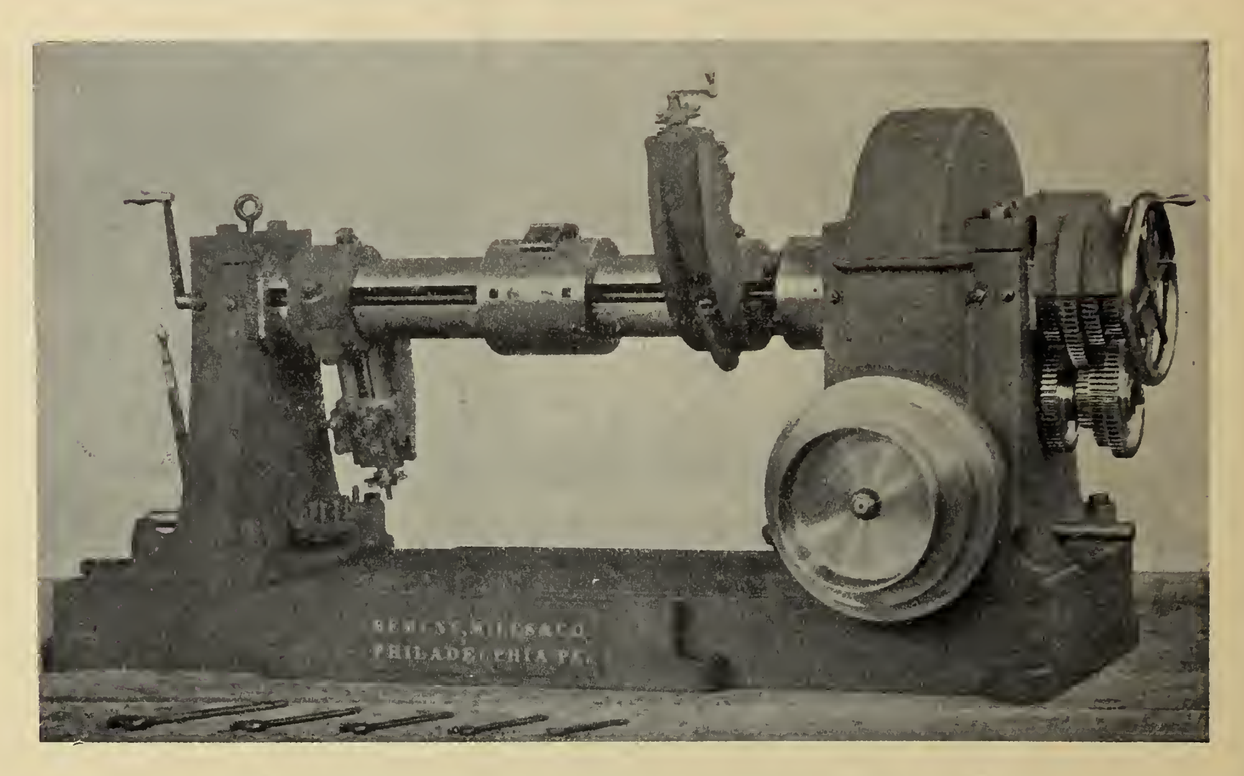


Fig 12. — Machine à aléser les cylindres de locomotives type *Bement et Miles*.

Ces dernières machines permettent, en faisant glisser la barre dans ses paliers, de mettre les cylindres en place sans démonter aucun palier.

La figure 14 représente une machine à aléser les cylindres des locomotives *Vauclain* ;

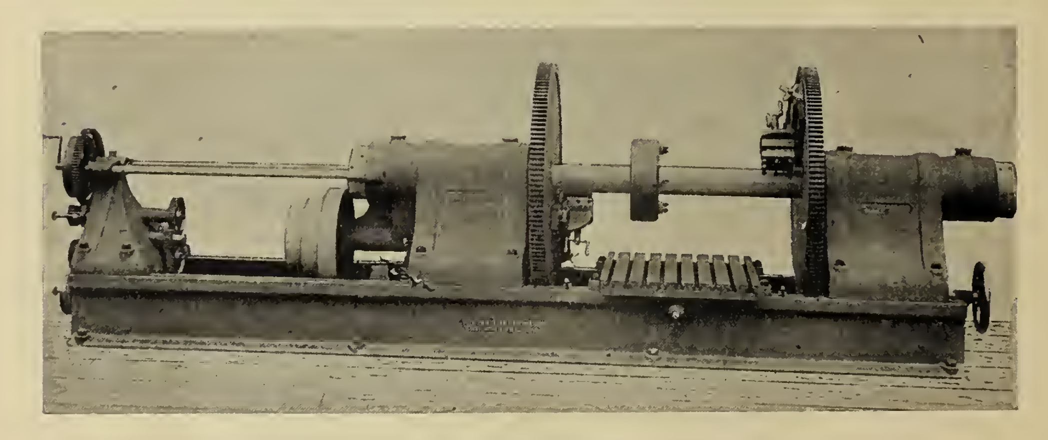


Fig. 13. — Machine à aléser les cylindres de locomotives type *Sellers*.

cette machine a été construite pour les ateliers *Baldwin* par la maison *Sellers*, elle permet d'aléser simultanément le cylindre à haute pression, le cylindre à basse pression et la boîte à vapeur du tiroir cylindrique.

Le travail se fait en deux passes, la dernière avec un outil assez arrondi pour avoir une belle surface.

En même temps qu'on dresse les deux faces, on dresse aussi l'extérieur des nervures qui se trouvent aux deux extrémités du cylindre. Cette opération est très importante pour le montage subséquent des cylindres sur le plateau de l'étau limeur et de la machine à raboter, sur lesquels il doit être achevé. En faisant reposer le cylindre par les parties dressées extérieurement à ses deux extrémités sur deux V identiques placés sur le plateau de ces machines, on est sûr que son axe est bien horizontal et parallèle à l'axe des deux V.

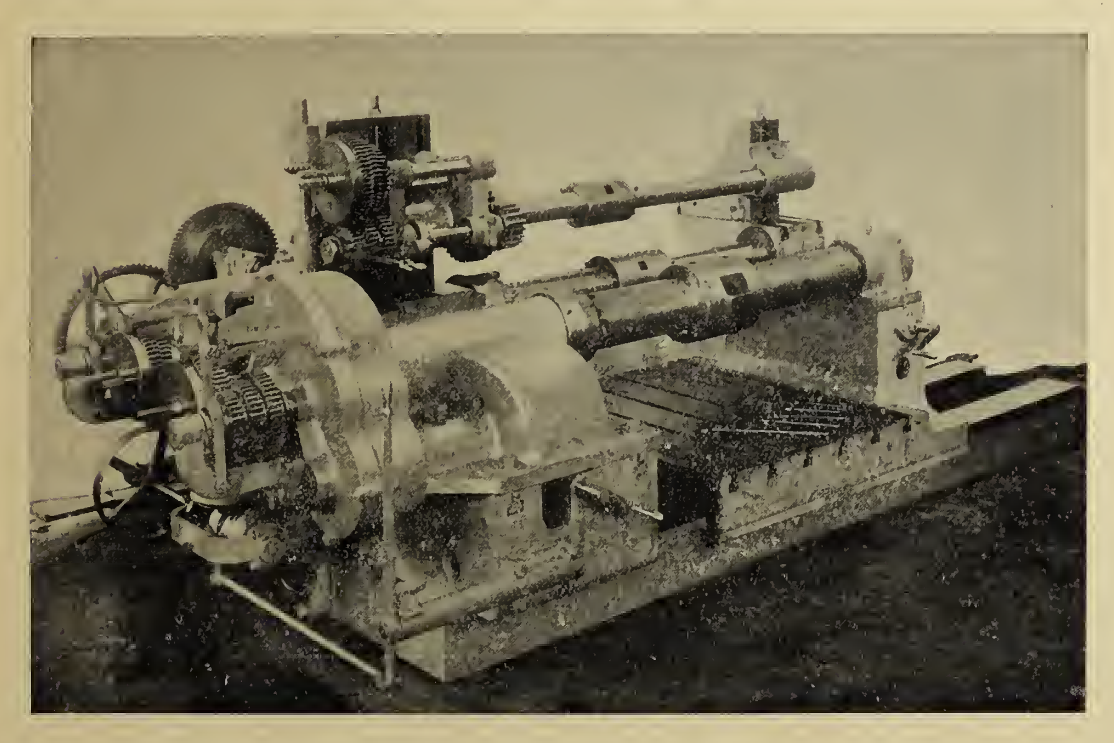


Fig. 14.
Machine à aléser simultanément les deux cylindres et le tiroir correspondant des compound *Vauclain*.

Le dressage de la table du cylindre et du joint de la boîte à vapeur se fait sur de forts étaux limeurs à commande par crémaillère, construits par les maisons *Sellers*, fig. 15, ou *Bement* and *Miles*.

Pour dresser le joint de la boîte à vapeur, il faut raboter dans deux directions rectangulaires, la table faisant saillie sur le joint de quelques millimètres; aussi, le plateau de l'étau limeur est muni d'un mouvement de rotation et un doigt le maintient dans une position à 90° de la position primitive.

Cet étau-limeur permet aussi de faire le dressage des bords des lumières, pourvu qu'on ait pratiqué, à chacune de leurs extrémités, un dégagement. Dans un des ateliers, dont la fabrication est d'ailleurs soignée, j'ai vu faire le travail de dressage en entier à la tranche et au marteau, par deux hommes, comme s'il se fût agi d'un simple ébarbage, le travail, fini ensuite à la lime, était cependant assez satisfaisant.

Il faut encore dresser l'attache du longeron et la face qui sert à assembler les deux cylindres, et l'attache du pivot du bogie; ce travail se fait sur la machine à raboter, le cylindre étant monté, comme toujours, sur deux V.

On ne dresse pas l'attache de la chaudière; ce travail se fait généralement à la main, lors du montage.

Ce travail des cylindres se fait très vite tant en raison de la robustesse de l'outillage que de la simplicité des formes. Il y a autant de parties à dresser que dans nos cylindres extérieurs ; mais, l'axe du cylindre étant horizontal, ainsi que la glace du tiroir, le montage du cylindre sur les différentes machines-outils se fait, ainsi que nous l'avons vu, sans aucun tâtonnement et avec une extrême rapidité. Aux ateliers *Baldwin*, l'atelier des

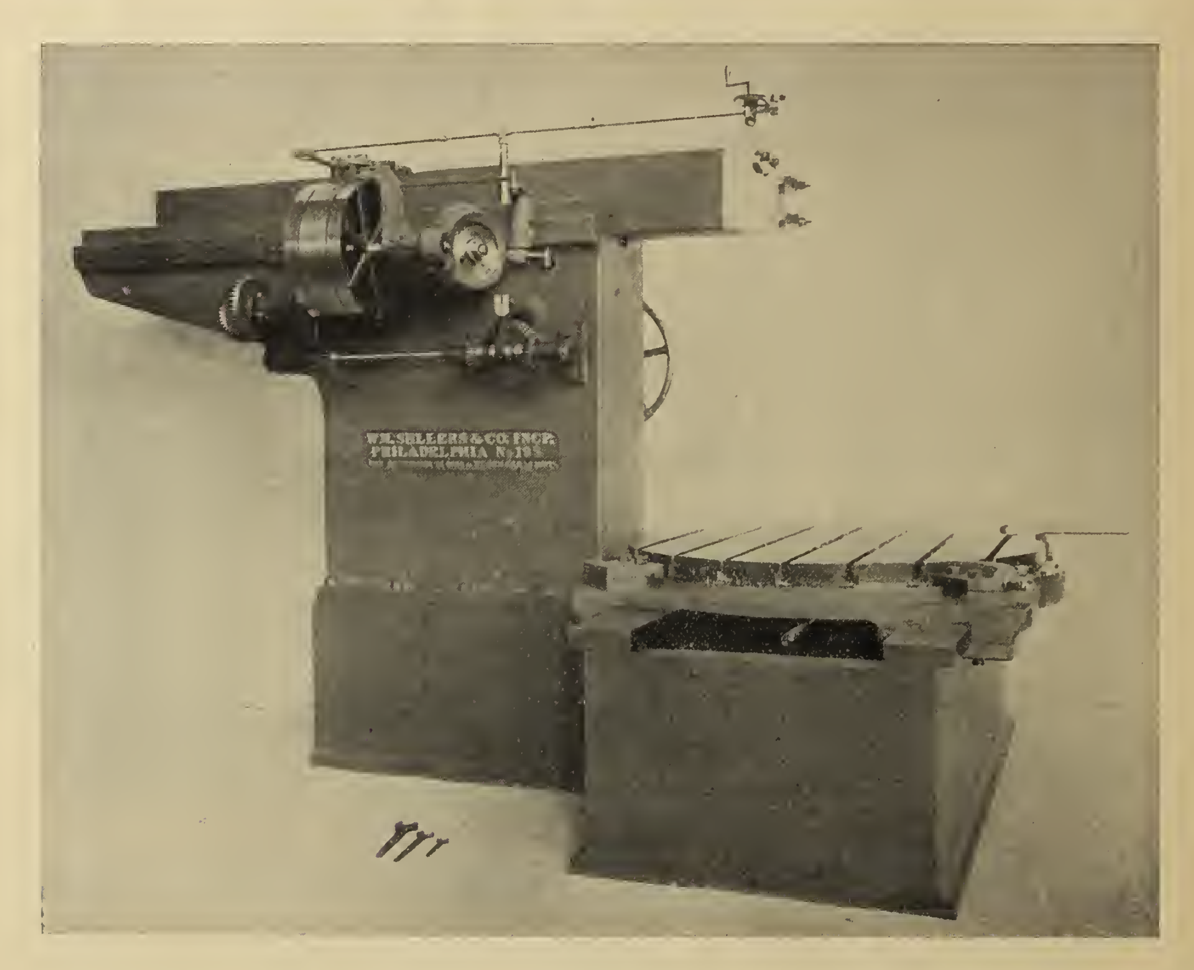


Fig. 15.
Étau limeur *Sellers* pour le dressage des tables de tiroir.

cylindres est desservi par des grues électriques à pivot fixe, chaque grue desservant 3 ou 4 machines.

Le travail des fonds de cylindre se fait soit sur des tours en l'air ordinaires, soit sur des tours verticaux ou « boring mills ».

Mouvement moteur. — La fabrication du mouvement moteur ne présente rien de bien particulier, nous ne nous arrêterons un peu qu'à ce qui a trait à la fabrication des bielles. Les bielles, généralement en acier, sont souvent assez grossièrement forgées; mais l'outillage est si puissant que cela n'en *ralentit pas beaucoup le travail d'ajustage.*

Beaucoup d'ateliers (*Baldwin*, *Pittsburg*, *Brooks*) sont munis de machines à raboter les têtes de bielles. La figure 16 représente une machine spéciale pour ce genre de travail construite par Bement and Miles. Ces machines sont très robustes, et permettent de travailler deux bielles à la fois. La course AV et la course AR ont lieu à la même vitesse, chacun des côtés de la machine travaillant successivement.

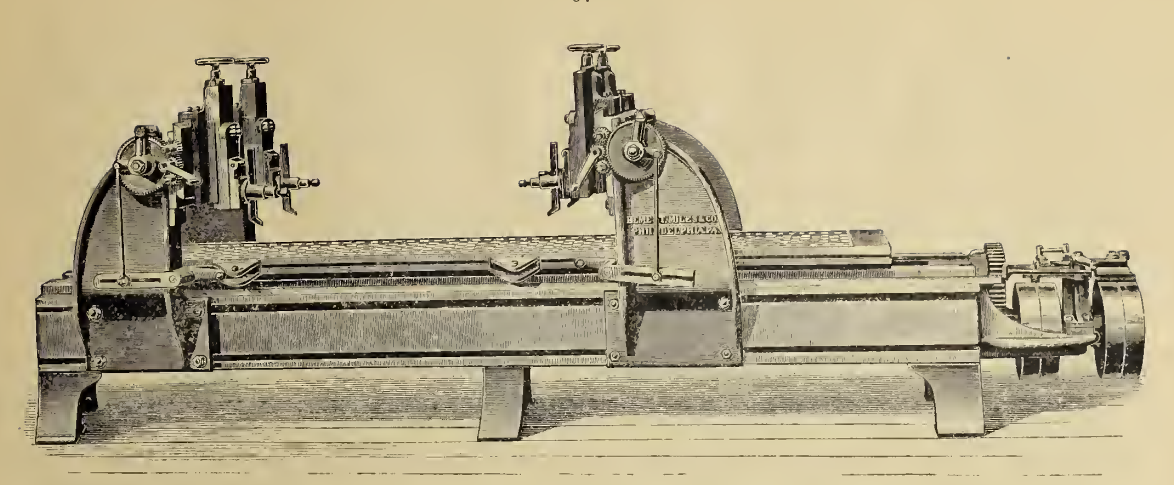


Fig. 16. — Machine horizontale à raboter les têtes de bielles.

Fig. 17. — Machine à fraiser les têtes de bielles.

Ces têtes, une fois dressées, servent à monter successivement les machines sur les fraiseuses, qui feront la tête, et les machines à fraiser ou à raboter qui feront le corps.

La fraiseuse verticale la plus répandue est du type de celle représentée par la figure 17 : c'est une machine très massive, très robuste, pouvant prendre de très fortes passes. On fraise avec ces machines les contours des têtes ainsi que les dégagements qui permettront de finir le travail du corps de la bielle sur la machine à raboter.

La fig. 16 représente une machine à fraiser construite par Sellers, la maison Hilles et Jones construit également une machine de ce type très robuste.

L'emploi de la fraiseuse est plutôt peu répandu dans les ateliers de locomotives, notamment aux ateliers *Baldwin* ; tout le travail des bielles, sauf celui des têtes, est fait

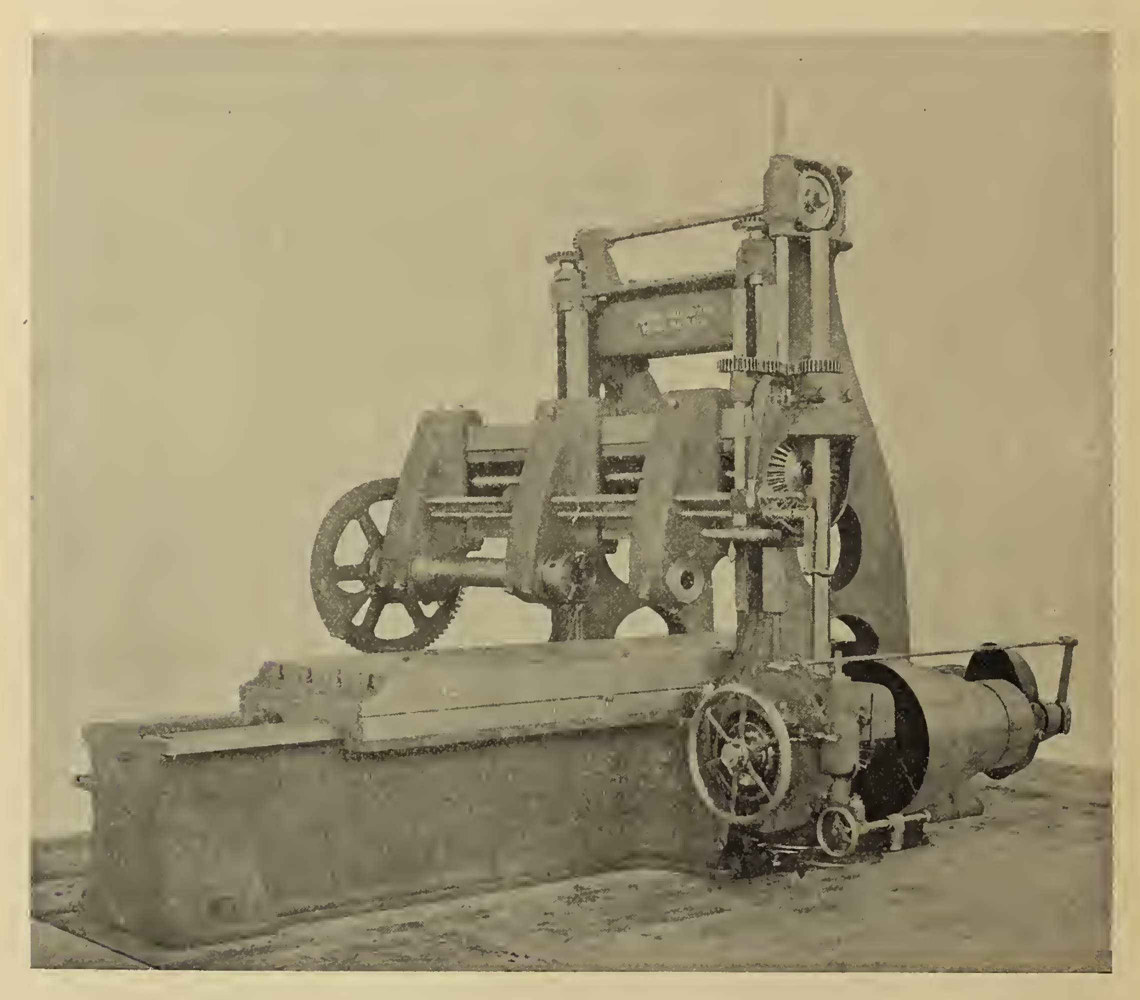


Fig. 18. — Fraiseuse *Bement and Miles* pour corps de bielles.

sur de fortes machines à raboter; on reproche au travail à la fraise de nécessiter des outils trop coûteux et des ouvriers trop soigneux.

Il en est de même aux ateliers de *Pittsburg*. Les ateliers de *Schenectady*, par contre, font tout le travail de leurs bielles avec des machines à fraiser, de types analogues à celui représenté fig. 18.

Pour le fraisage de la rainure des bielles en T, on emploie beaucoup un type de fraiseuses à deux montants séparés et à écartement réglable dans lesquelles l'arbre porte-fraise est entraîné par ses deux extrémités. *Pratt* et *Whitney*, les *Niles Tools Works* et

les *Newton Machine Tools Works*, entre autres, construisent ce modèle de machines. Une machine de ce type, construite par Pratt et Whitney, fraise, en 1 h. 15, une rainure de 100 millimètres de large, 38 millimètres de profondeur, 2 m. 670 de long.

L'alésage des bielles se fait sur de fortes machines ressemblant à des perçeuses doubles, dans lesquelles la barre d'alésage est très bien guidée. La même machine sert à percer et à aléser les œils des bielles d'accouplement à bague; le perçage se fait au moyen de deux forts outils montés sur une barre qui enlèvent une rondelle, fig. 21.

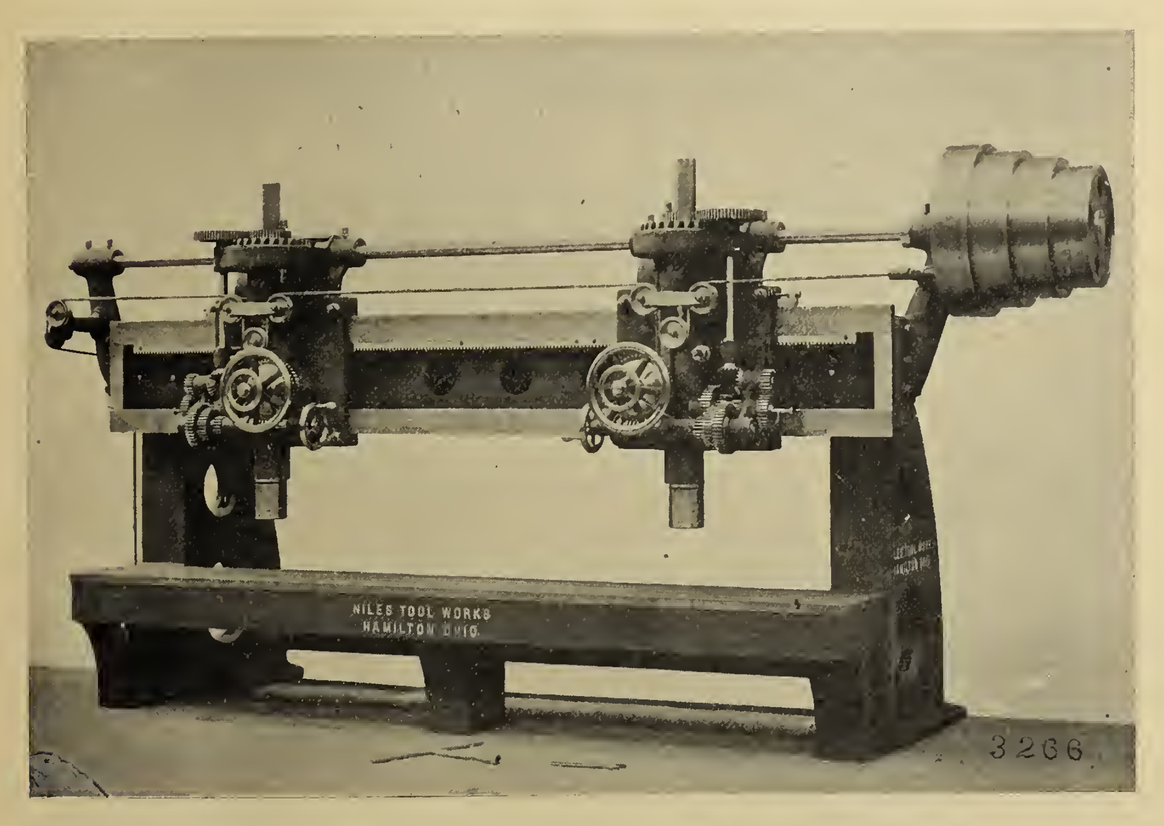


Fig. 19. — Machine à aléser les bielles type des *Niles Tools Works*.

Travail des boîtes. — Les boîtes sont, comme on le sait, en fonte ou en acier moulé[1]. On les met à plat sur une machine à raboter et on dresse un côté, puis on les retourne et on dresse l'autre côté; elles sont alors serrées contre de fortes équerres en fonte; on dresse ensuite les joues. Les machines à raboter employées pour ce travail ne présentent rien de particulier Parmi les outils les plus robustes, il convient de citer les raboteuses *Pond* et les raboteuses *Sellers*; ces dernières machines sont employées en grand nombre aux ateliers *Baldwin*; l'entraînement de la table a lieu par une vis sans fin inclinée sur l'axe de la table et entraînant la table par une crémaillère.

Les machines Pond sont extrêmement robustes : le bâti est très massif et pose sur le sol par toute sa longueur; la table est très lourde et glisse dans de larges rainures en V. Des graisseurs, munis de galets mobiles en fonte, assurent une bonne lubrification de ces larges rainures ; l'entraînement de la table a lieu par crémaillère engrenant avec une roue dentée de grande largeur et de grand diamètre, de manière qu'il y ait toujours plusieurs dents en prise. La crémaillère en acier, vissée sur le dessous de la table, a, à peu près,

1. En fonte aciéreuse aux ateliers Baldwin.

toute la largeur disponible entre les deux glissières en V. A dimension égale, ces outils sont certainement les plus robustes qui soient construits actuellement aux États-Unis.

Dans certains ateliers, le dressage des faces des boîtes se fait sur des tours verticaux.

Fig. 20. — Machine à aléser les bielles type *Sellers*.

On les dispose radialement sur le plateau. L'avantage de cette manière de faire est qu'il n'y a pas de temps perdu, comme dans les machines à raboter, par la course AR.

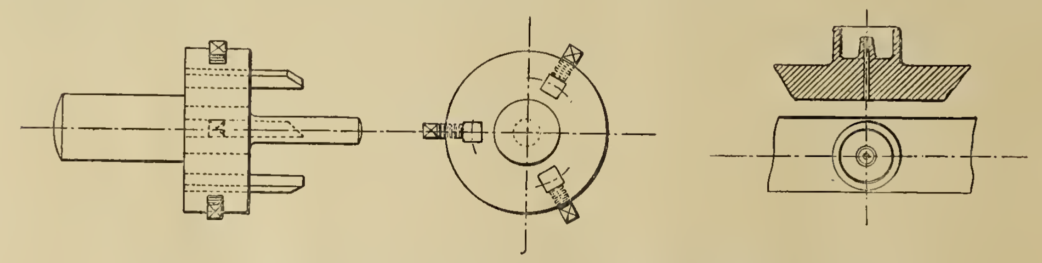


Fig. 21. — Porte-outil pour évider les têtes de bielles à bagues et dresser l'extérieur des graisseurs dans les chapes de bielle.

Le rabotage des parties cylindriques dans lesquelles doit être emmanché le coussinet, se fait, aux ateliers Baldwin, sur des étaux limeurs très puissants. La figure 23 repré-

sente un étau limeur spécial pour ce genre de travail construit par Sellers. La barre qui porte l'outil a un mouvement de rotation, de sorte que la surface dressée intérieurement est cylindrique.

Les parties droites qui doivent recevoir entre elles les dessous de boîtes sont également dressées sur des étaux limeurs spéciaux (fig. 22). Les dessus des boîtes à graisse restent bruts de fonderie.

Coussinets. — L'extérieur des coussinets est tourné, travail beaucoup plus rapide que le fraisage de nos coussinets. Ils sont ensuite calés à la presse hydraulique dans la

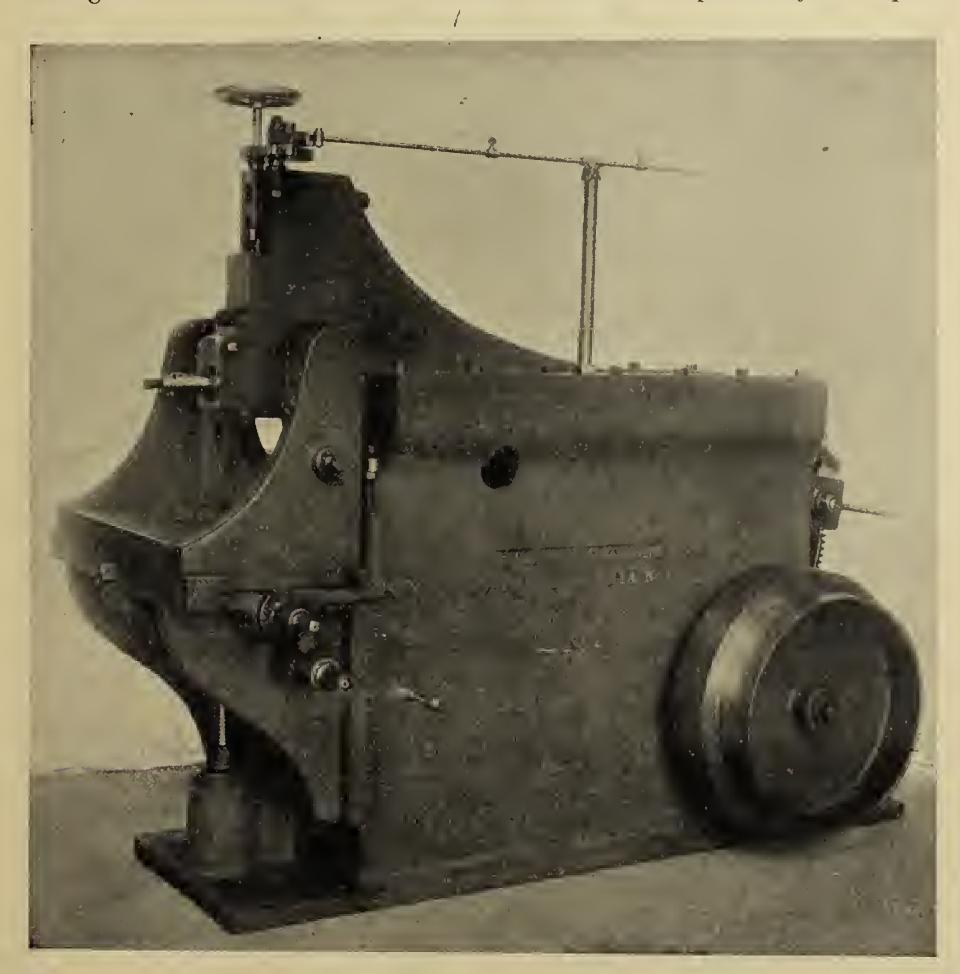


Fig. 22. — Étau limeur pour dresser les joues intérieures des boîtes.

boîte, et alésés très souvent sur des tours verticaux ou sur des machines horizontales (fig. 24).

Mouvement de distribution. — Le mouvement de distribution comporte beaucoup moins de travail d'ajustage que dans nos machines. Le collier d'excentrique, qu'il soit en fonte ou en fonte malléable, reste brut à l'extérieur. On fraise les deux moitiés, suivant le joint, sur une fraiseuse horizontale. On les assemble par des boulons et on alèse l'intérieur soit sur un tour en l'air, soit sur un tour horizontal.

La barre d'excentrique reste brute dans son milieu, et n'est ajustée que dans la partie qui s'assemble avec le collier d'excentrique et dans la tête, qui est beaucoup plus simple que dans nos machines.

Les coulisses se font, comme nous l'avons dit, soit en une piècc, soit en deux pièces;

l'intérieur de la coulisse contre lequel frotte le coulisseau n'est jamais fraisé suivant gabarit, mais bien raboté à l'aide d'un montage spécial (fig. 26) ; on trouve que l'arc de cercle, ainsi formé, est plus régulier qu'avec la machine à fraiser. L'extérieur de la cou-

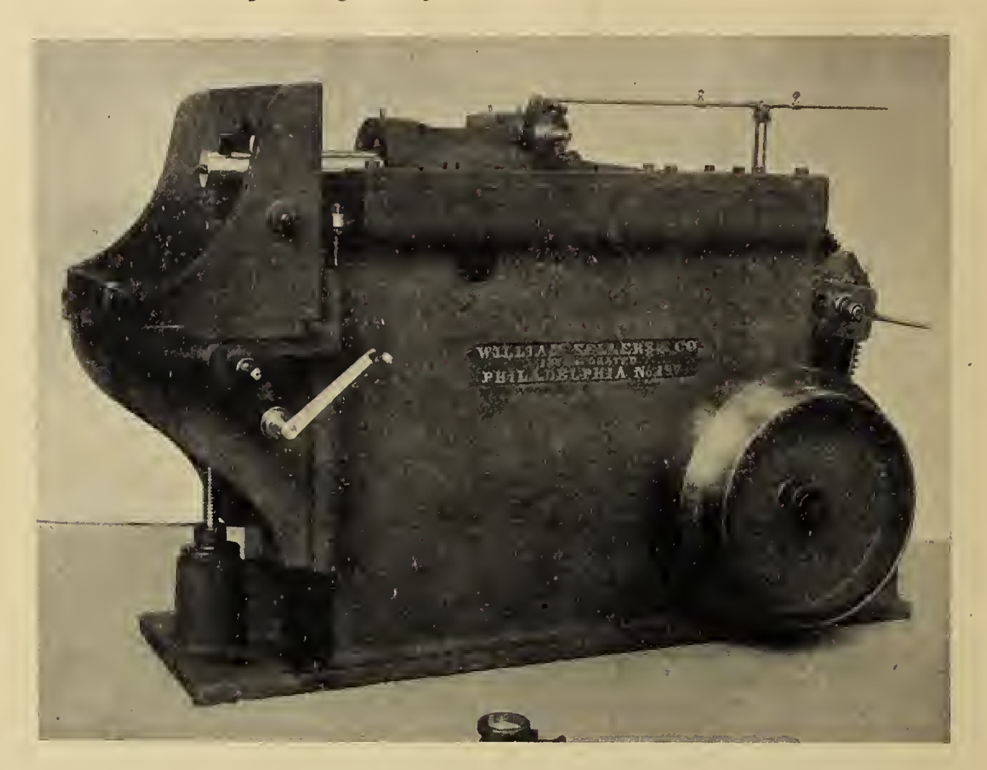


Fig. 23. — Étau limeur pour dresser le logement du coussinet.

lisse est généralement fraisé, en une seule passe, sur une des grosses fraiseuses verticales, dont nous avons donné le dessin plus haut.

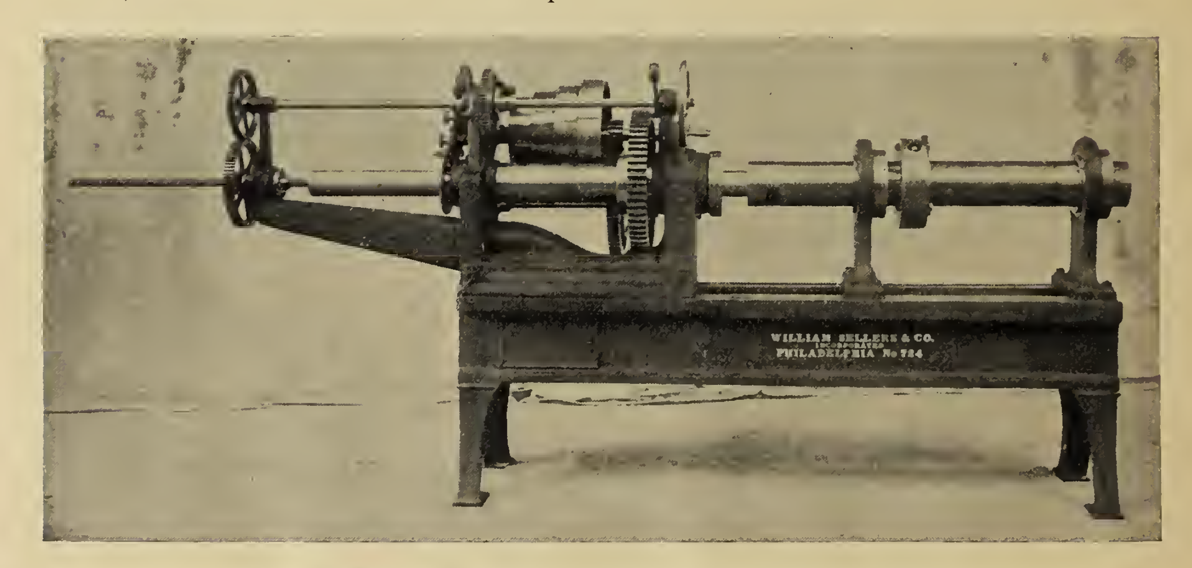


Fig. 24. — Machine à aléser les coussinets de locomotives types *Sellers*.

Les différents axes sont obtenus très souvent à l'aide du tour à décolleter. Le modèle le plus répandu de ces tours est le tour *Jones* et *Lanson*. Cet outil, très répandu aux

États-Unis, est aujourd'hui bien connu en Europe, où il est construit par les établissements Ducommun ; il a donné lieu à diverses imitations en Amérique et en Angleterre. Je n'ai guère visité, aux États-Unis, d'atelier de construction qui ne fût muni d'un ou plusieurs de ces tours.

Cémentation. — La cémentation est généralement négligée dans les ateliers de

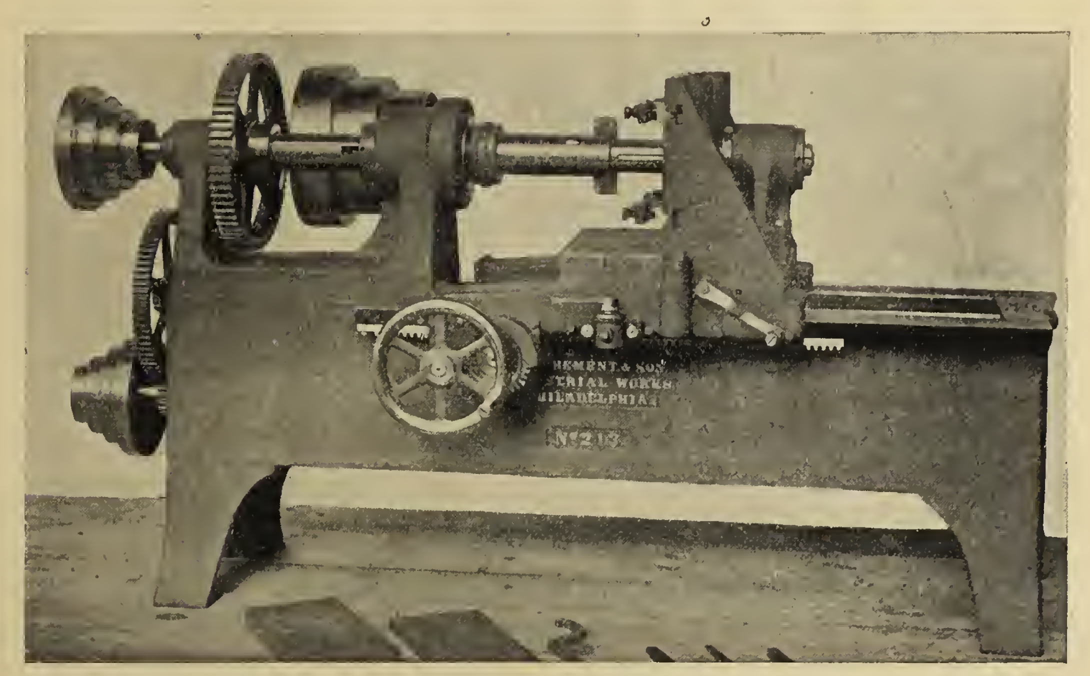


Fig. 25. — Machine à aléser les boites de locomotives.

construction de locomotive, et cela bien à tort, car il est certain qu'une cémentation bien faite prolonge de beaucoup la durée des organes soumis à des frottements, comme le montre la comparaison du service fait par des manivelles en fer cémenté et des manivelles en acier non cémenté.

Le meilleur four que j'ai vu employer est aux ateliers de Schenectady, c'est le four

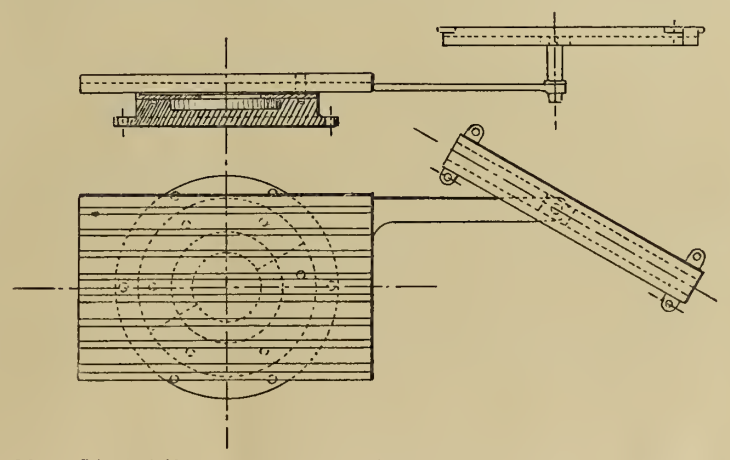


Fig. 26. — Dispositif pour raboter circulairement les coulisses de locomotives.

Brown et *Sharpe* (fig. 27), qui est très employé aux États-Unis, dans les ateliers de construction de bicyclettes. La cémentation a lieu dans des caisses en fonte chauffées

par un feu de houille. Ce four est chauffé par un foyer placé sur le côté. La fig. 26 représente la coupe d'un de ces fours de petit modèle.

Aux ateliers *Brooks*, la cémentation se fait dans une cornue en fonte, analogue aux cornues d'usine à gaz, et chauffée par un feu de houille, installation analogue à celle des ateliers du Midland à Derby (Angleterre).

La matière le plus employée pour la cémentation est la poudre d'os, qui donne une cémentation très fine et plus rapide que le charbon et la savate brûlée.

Beaucoup d'ateliers ne trempent pas les pièces cémentées et se contentent de la

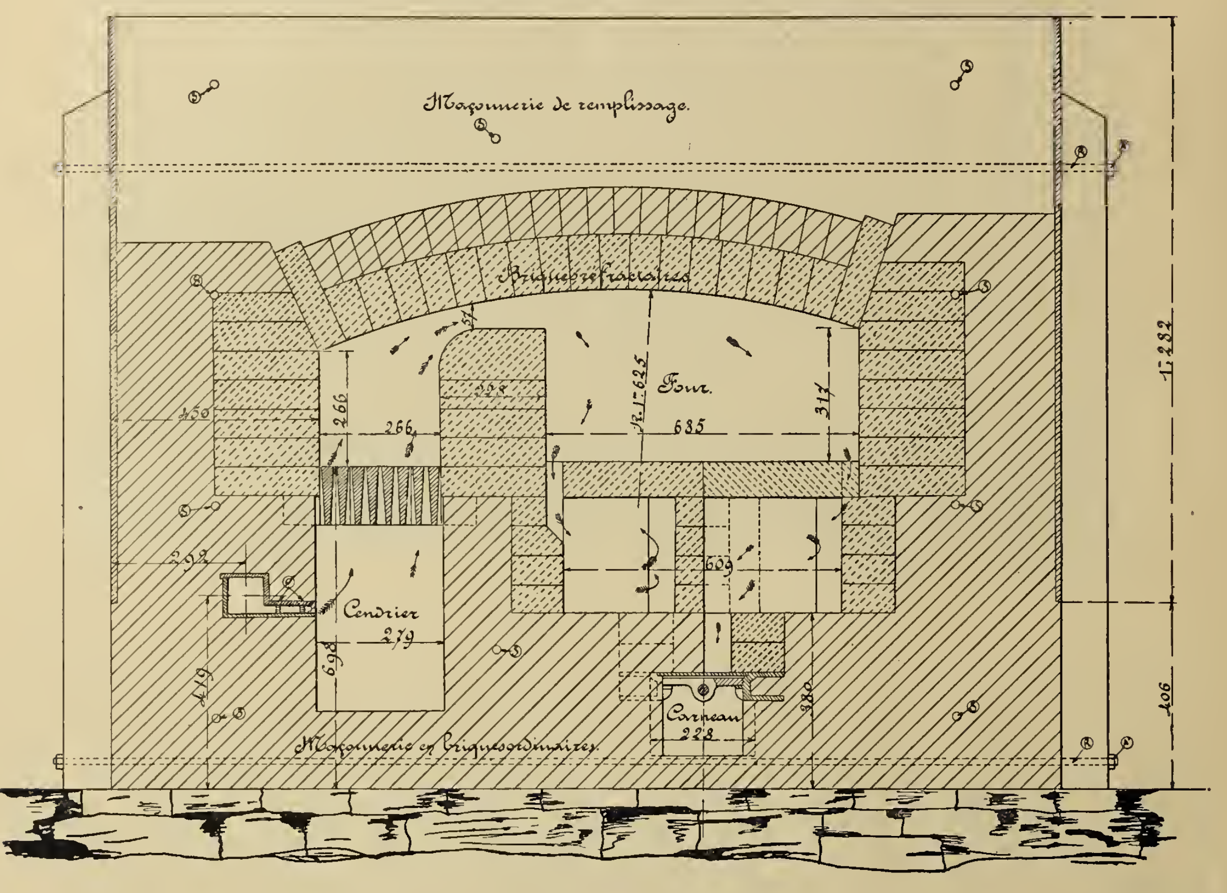


Fig. 27. — Four à cémenter *Brown et Sharpe*.

dureté qui résulte, pour les pièces, de la cémentation superficielle. Il m'a paru que si la plupart des ateliers ne trempaient pas c'était pour éviter la nécessité de rectifier les pièces après la trempe.

Ce défaut de cémentation conduit à un remplacement très fréquent des organes de machines tels que les boutons de manivelles, axes de frein de balanciers.

Essieux et roues. — Nous avons vu que les essieux sont, le plus souvent, d'une forme cylindrique d'un bout à l'autre, et qu'il n'y a pas de collets aux fusées, ce qui simplifie beaucoup le tournage. Néamoins, on commence, aujourd'hui, dans la construction soignée, notamment au Pennsylvania et à Schénectady, à faire l'emmanchement d'un diamètre un peu plus large que la fusée : il y a alors un léger collet raccordant l'emmanchement à la fusée.

L'outillage qui sert pour l'usinage des essieux de locomotives est analogue à celui qui sert pour les essieux de wagons ; c'est d'abord la machine à couper de longueur et à centrer. Puis le tour à essieux à poupée centrale, quand l'essieu est déjà tourné dans son milieu et qu'il n'y a plus qu'à tourner la fusée et l'emmanchement.

Le tour représenté par la fig. 28 est un autre modèle des Niles Tools Works, qui permet de tourner le corps de l'essieu.

Ce tour a un banc de 3 m. 700 de long et peut recevoir entre les pointes des pièces de 2 m. 300 de long.

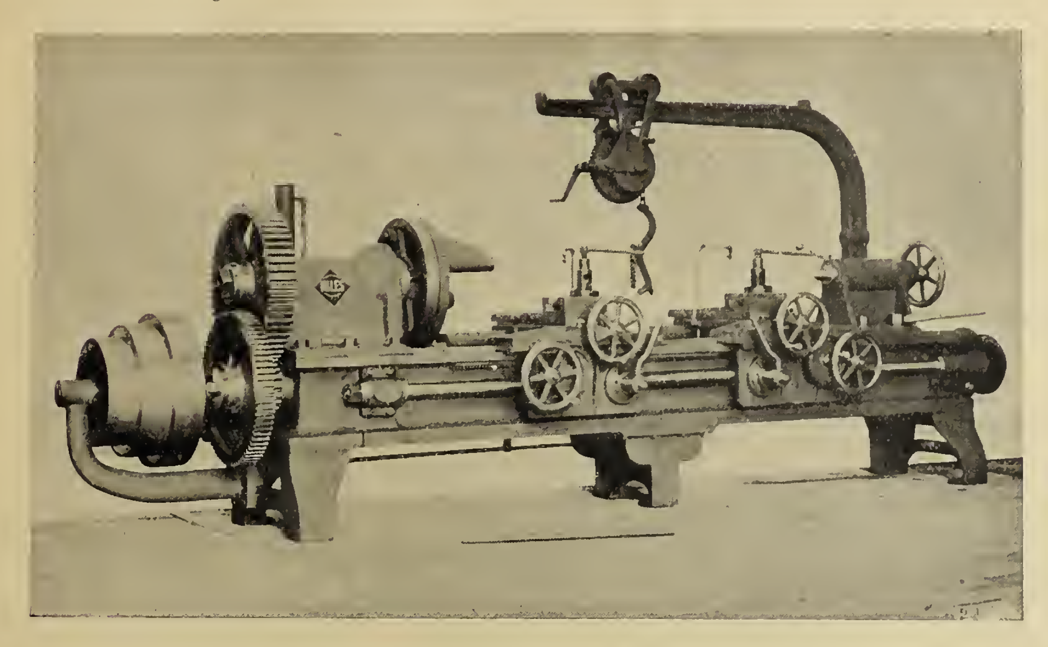


Fig. 28. — Tour double des *Niles Tool Works*, pour locomotives.

La commande a lieu par un cône à 3 étages et un double harnais ; la largeur de la courroie est de 108 millimètres. On peut donner à l'outil 3 avances différentes par la simple poussée d'un bouton.

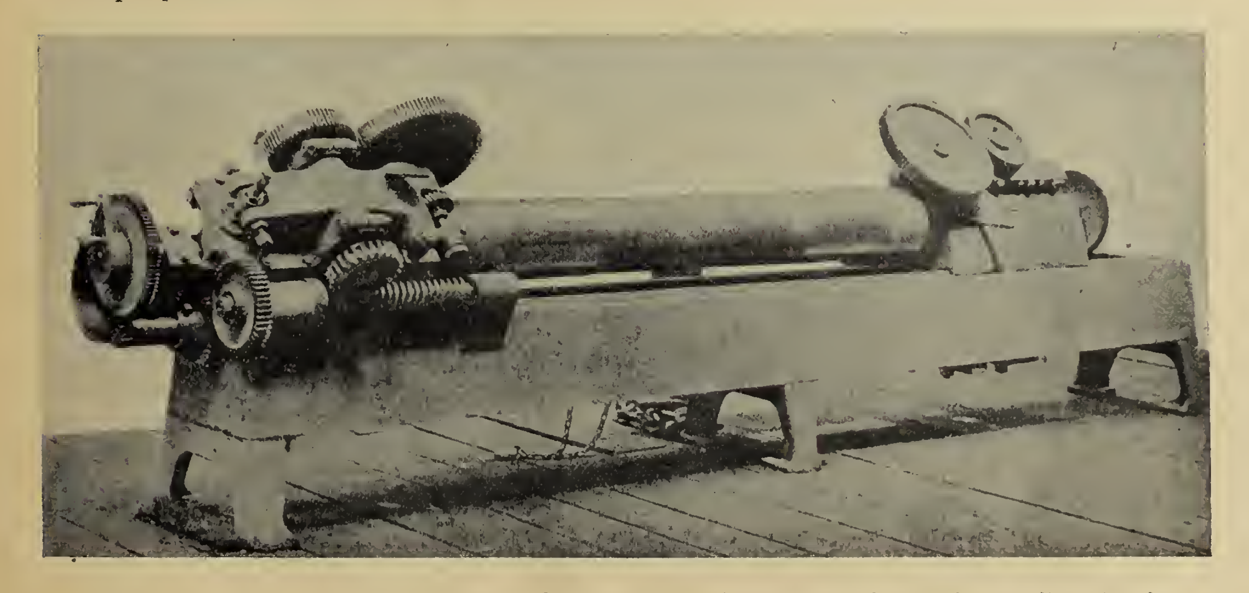


Fig. 29. — Machine à fraiser les logements de clavettes dans les essieux de locomotives, ateliers *Brooks*.

La transmission intermédiaire tourne à 280 tours par minute. D'une manière générale, dans les machines-outils américaines puissantes, les transmissions intermédiaires tournent à une grande vitesse, et on a une double ou une triple réduction de vitesse par

engrenage ; on évite ainsi le glissement des courroies trop larges, nécessitant des poulies trop lourdes.

Les chariots sont du type américain, et n'ont pas de mouvement à la main parallèle à l'axe du tour autre que celui de tout l'ensemble du chariot.

Le plateau porte un entraîneur égalisateur qui entraîne le toc par ses deux branches.

Les poupées sont très massives.

Ce tour ne permet pas de marcher à la volée. Les constructeurs américains ne planent jamais les fusées ; ils les polissent à l'aide de galets dits « burnishers » après la passe de dégrossissage.

Ce tour est muni d'un guide ou d'un gabarit pour donner automatiquement, au corps de l'essieu, la forme voulue, dans le cas, d'ailleurs assez rare, où il n'est pas cylindrique d'un bout à l'autre.

Corps de roues. — Les corps de roues se font actuellement, comme nous l'avons vu, presque toujours en acier moulé ; ils sont coulés sans masselotte ; ce qui rend leur fabrication bien moins coûteuse pour les fondeurs d'acier moulé.

L'alésage des corps de roues et le tournage de la jante se font, dans tous les ateliers, sur des tours verticaux, ou Boring Mills. Ces tours, que nous avons eu l'occasion de signaler plusieurs fois, sont très répandus aux États-Unis ; il n'est guère d'ateliers de locomotives qui n'en possède 4 ou 5. On fait, sur ces deux tours, presque tous les travaux que nous effectuons sur nos tours en l'air, beaucoup de travaux d'alésage et de dressage de surfaces.

Comparés aux tours en l'air, ils offrent de nombreux avantages, dont nous retiendrons les suivants :

1° Le plateau étant horizontal, le calage et le centrage d'une pièce quelconque, quels que soient sa forme et son poids, se font beaucoup plus facilement que sur un tour ordinaire ;

2° Le plateau étant supporté aussi bien sur son centre que sur sa périphérie, on supprime ainsi toute vibration, toute flexion ou déplacement latéral, si fréquents dans les tours en l'air où non seulement le plateau, mais encore la pièce à travailler se trouvent en porte à faux. On peut faire, sur ce tour vertical, des passes beaucoup plus fortes que sur un tour en l'air de même diamètre de plateau ;

3° Ils permettent, dans beaucoup de cas, notamment dans le travail des corps de roues, l'achèvement complet de la pièce, tournage et alésage, sans déplacer celle-ci.

La figure 30 représente un tour vertical de Niles Tools Works, avec plateau de 1 m. 700 de diamètre, pouvant recevoir des pièces de 2 m. 130 de diamètre maximum, et de 1 m. 220 de hauteur maximum. Les deux montants sont de forte section, rabotés sur trois faces, et entretoisés à leur partie supérieure par une forte pièce à section en U.

Le plateau est monté sur un pivot vertical tournant dans des coussinets de grandes dimensions. Il repose :

1° A sa périphérie, sur une glissière circulaire ; c'est le cas de la marche de travail ;

2° Sur une crapaudine, par l'intermédiaire de son pivot; c'est le cas de la marche à la volée; à l'aide d'un mouvement de relèvement, on soulève le fond de la crapaudine de façon à dégager le plateau de son support annulaire; le plateau, alors, tourne à la volée et permet de finir le travail avec le minimum d'effort.

Les porte-outils, de section octogonale et très massifs, sont montés sur deux chariots entièrement indépendants l'un de l'autre et mobiles le long de la traverse; ils sont équilibrés tous les deux dans toutes les positions au moyen d'un seul contrepoids, par un jeu de poulies que l'on aperçoit nettement sur la photographie.

Le mouvement d'avance des outils a lieu par un galet à friction que l'on aperçoit sur le côté.

La traverse peut être déplacée verticalement très rapidement, au moyen d'une commande indépendante, on réduit ainsi au minimum le porte à faux des barres.

Le plateau porte en son centre une douille pour les travaux d'alésage.

La commande de ce tour se fait par un cône à 6 vitesses. La transmission intermédiaire fait *175 tours par minute.*

La construction de ces outils doit être très soignée; ils comportent, en effet, un renvoi d'angle par engrenages taillés à la machine, et il faut que l'alésage de la douille du

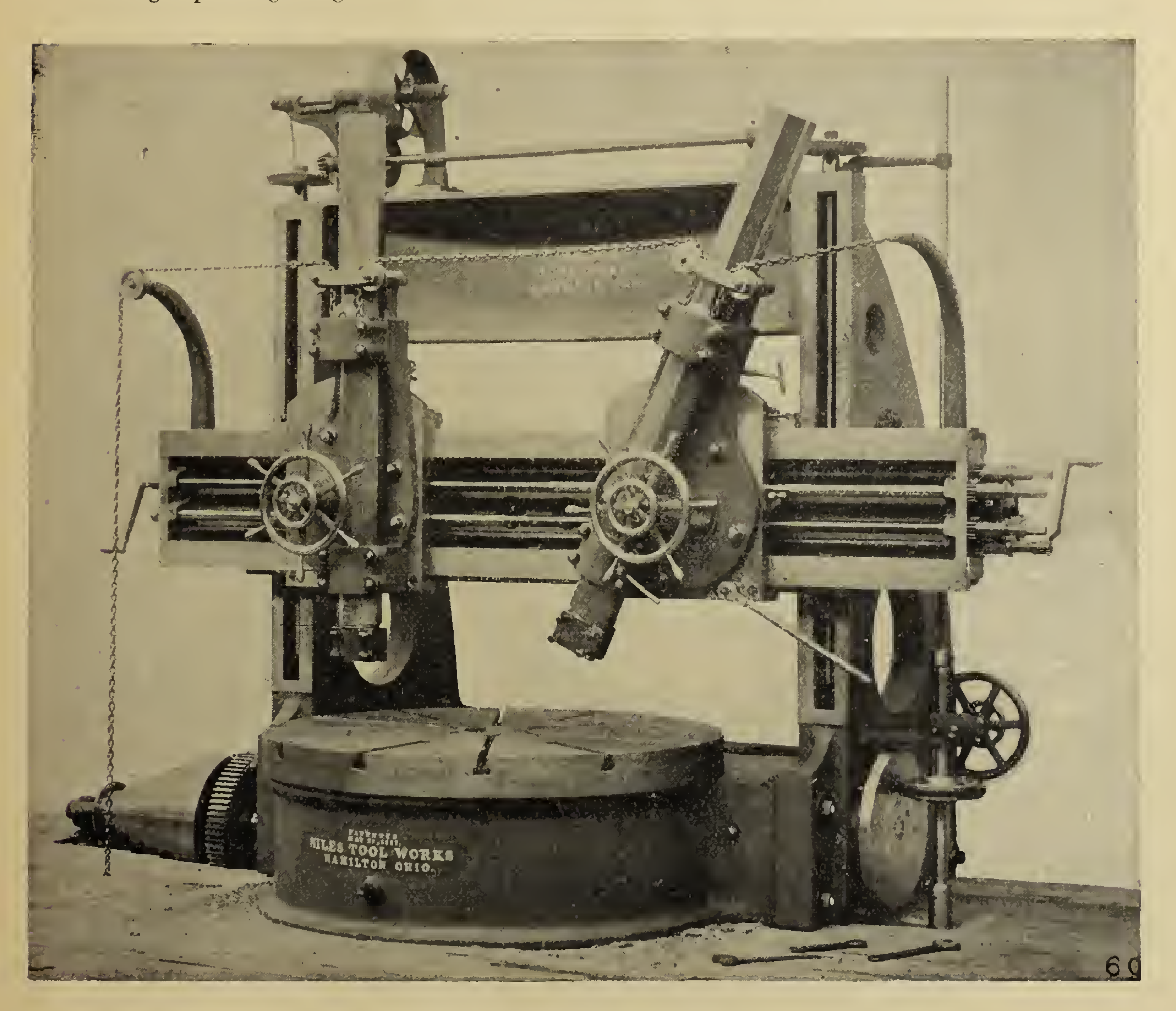


Fig. 30. — Tour vertical *Niles Tools Works.*

pivot, ainsi que le dressage de la gorge annulaire de support, soient rigoureusement concentriques. Cette condition est réalisée aux ateliers de la Pond Machine Tools, par un montage spécial de la barre d'alésage pour chaque type de tour vertical.

La « Pond Machine Tool C° », les « Niles Tools Works » se sont faits, entre autres, une spécialité de la construction de ces machines, que construisent d'ailleurs les maisons Sellers et Bement-Miles. Les tours de la Pond Machine Tools se font remarquer, comme tous les outils de cette maison, par leur robustesse. Un grand nombre des tours de cette maison fonctionnent aux aciéries de Midvale, pour le tournage des bandages extra-durs.

Les plateaux de ces tours spéciaux sont en acier moulé, avec rainures en T taillées dans la masse.

La figure 31 représente un tour vertical de la maison *Sellers*, spécial pour le *tournage et l'alésage des corps de roues*, et l'alésage des bandages. Comme on ne travaille sur ces tours que des pièces de peu de hauteur, la traverse qui porte le chariot est fixe, ce qui ajoute de la rigidité à l'outil.

Le travail de l'alésage et du tournage des corps de roues et de l'alésage des bandages n'a pas besoin de description particulière, les aciéries de Midvale recommandent de donner aux bandages un serrage de 1 millimètre par mètre de diamètre. Très souvent, les bandages sont livrés tout tournés et alésés par les aciéries, ils sont tournés sur les mêmes tours que ceux qui servent à aléser[1].

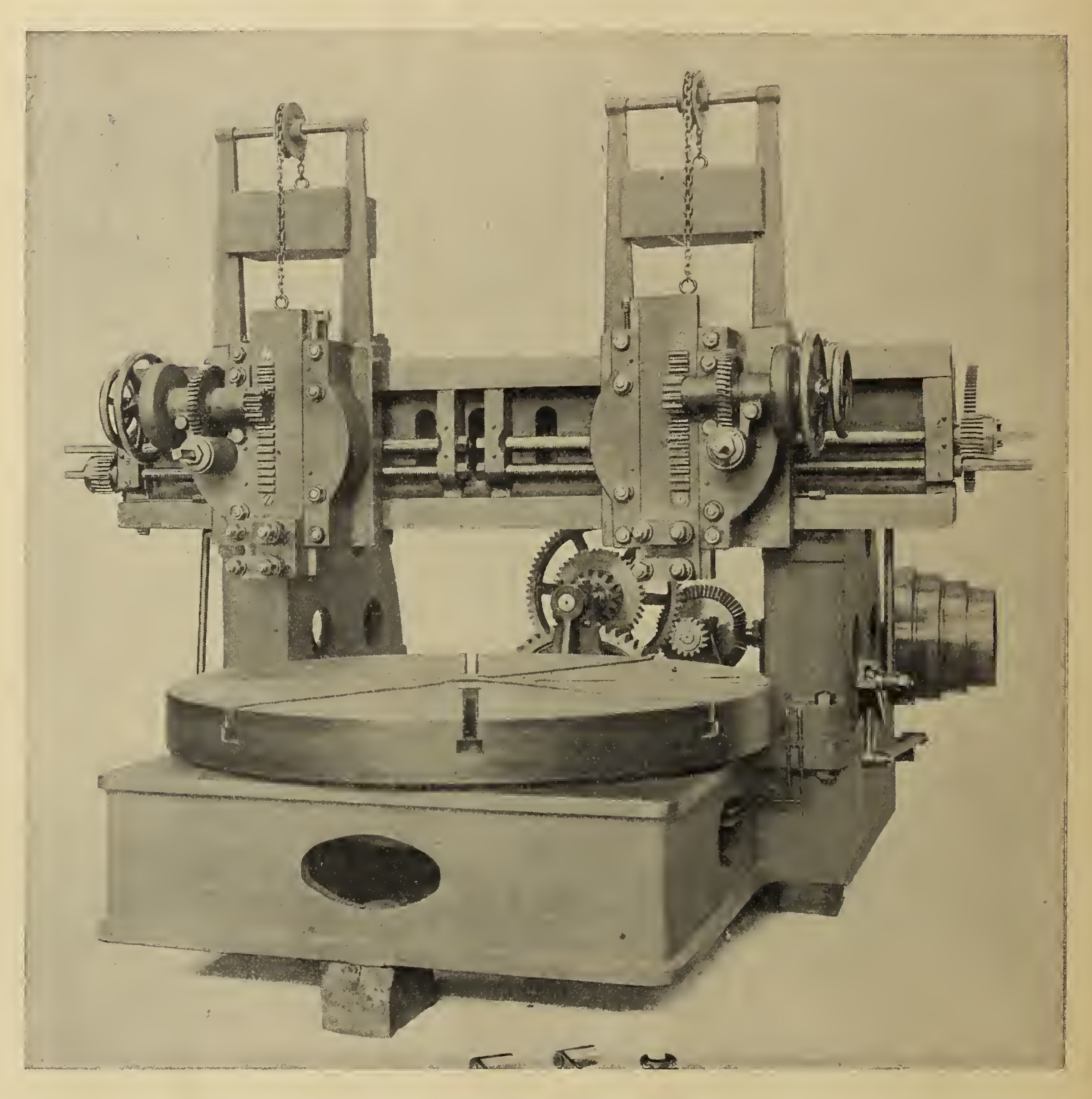


Fig. 31. — Tour horizontal spécial pour l'alésage des bandages et le travail des corps de roues modèle *Sellers*.

1. Un tour vertical, d'un modèle d'ailleurs beaucoup moins puissant que le grand tour Sellers représenté par la fig. 31, finit entièrement, dans une journée de 10 heures, 10 bandages à agrafes du type de la Cie de l'Est, pour voitures et wagons ; le travail comprend l'alésage de la partie en contact avec la jante, le creusage de la rainure de l'agrafe et la formation du talon.

On n'emploie, comme outil, que les meilleures qualités d'acier à outil, en particulier l'acier Mushet, dit « Self Hardening ».

Tours à roues. — Les tours à roues sont, comme le reste de l'outillage, extrêmement robustes; il convient de signaler, dans les modèles de la maison Sellers, la forme massive des poupées, qui reposent sur le banc par de très larges surfaces. Les pointes sont maintenues dans de forts manchons, qui ne laissent dépasser que la partie nécessaire au centrage, et réduisent ainsi au minimum le porte à faux.

Dans les ateliers de réparation, les tours à roues sont très souvent munis de dispositifs pour aléser les logements des boulons de manivelle, et comportent, comme accessoire, une perche formée d'un fer en I, pour monter les roues sur le tour.

Les deux modèles représentés aux pages 115 et 116 du catalogue Sellers comportent

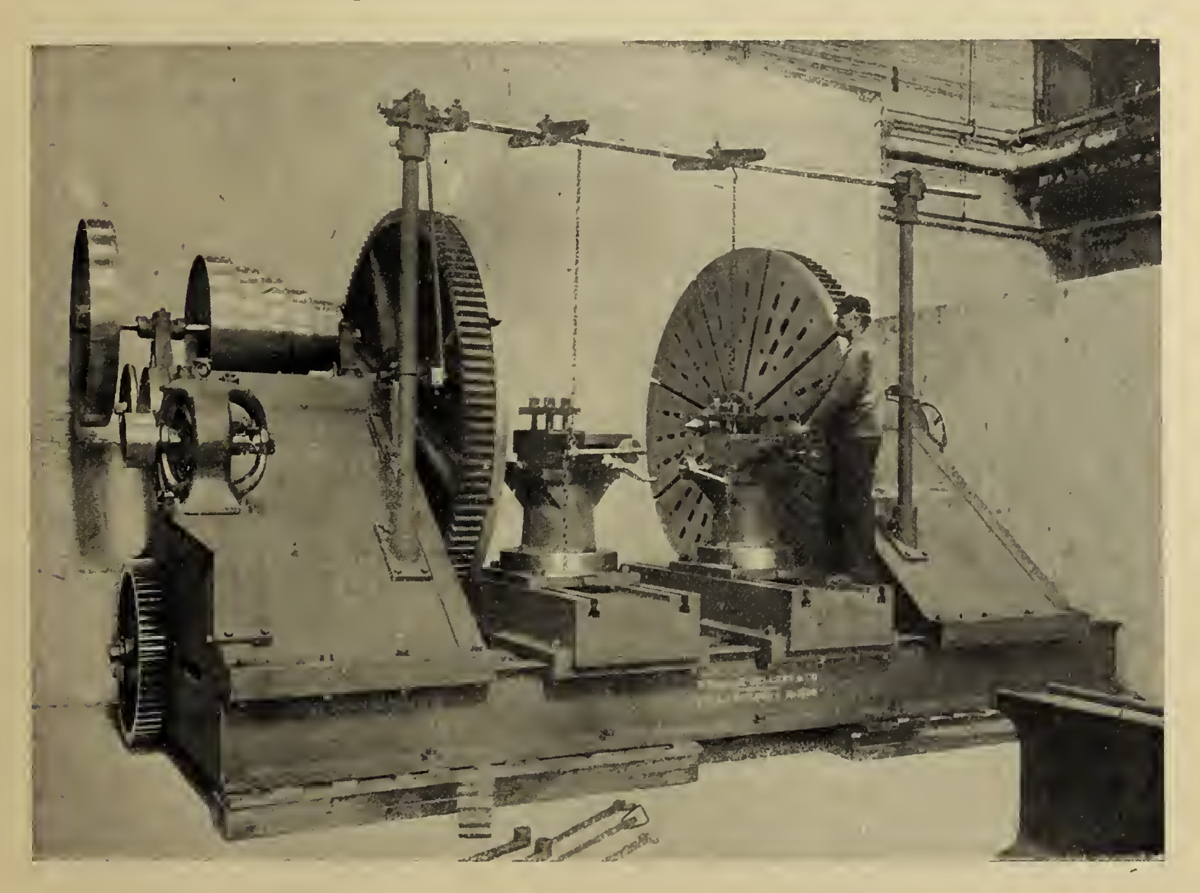


Fig. 32. — Tour à roue à commande électrique, type *Sellers*.

un arbre monté sur deux colonnes pour commander le mouvement d'avance automatique. Cette disposition s'impose aux ateliers Baldwin, où il importe de dégager complètement le tour pour laisser passer les transbordeurs.

Dans l'atelier de roues des Baldwin Locomotive Works, les machines-outils ne sont plus disposées en ligne le long des transmissions, mais réparties sur tout le sol de l'atelier; elles sont (fig. 32 et 33) commandées par des moteurs électriques séparés.

Un transbordeur, desservant tout l'atelier, amène les roues sur les machines-outils en les enlevant par-dessus les autres machines. Cette disposition permet d'utiliser beaucoup mieux l'espace couvert et d'effectuer très rapidement les manutentions; les roues sont amenées directement en place et enlevées sans qu'on ait à les rouler, à les tourner sur des plaques tournantes, et à les lever à la perche ou au vérin.

C'est l'économie d'espace et de frais de manutention que les ateliers Baldwin ont surtout cherché et réussi à réaliser en employant la commande électrique par moteurs séparés dans leurs ateliers des *roues*.

Dans les ateliers où il y a de gros outillages, comme les ateliers de travail des roues, des longerons, des cylindres de locomotives, la commande électrique permet une très forte diminution des frais de manutention et une meilleure utilisation de l'emplacement; ce sont les principaux avantages à réaliser. Il paraîtra difficile d'admettre qu'il y ait, dans

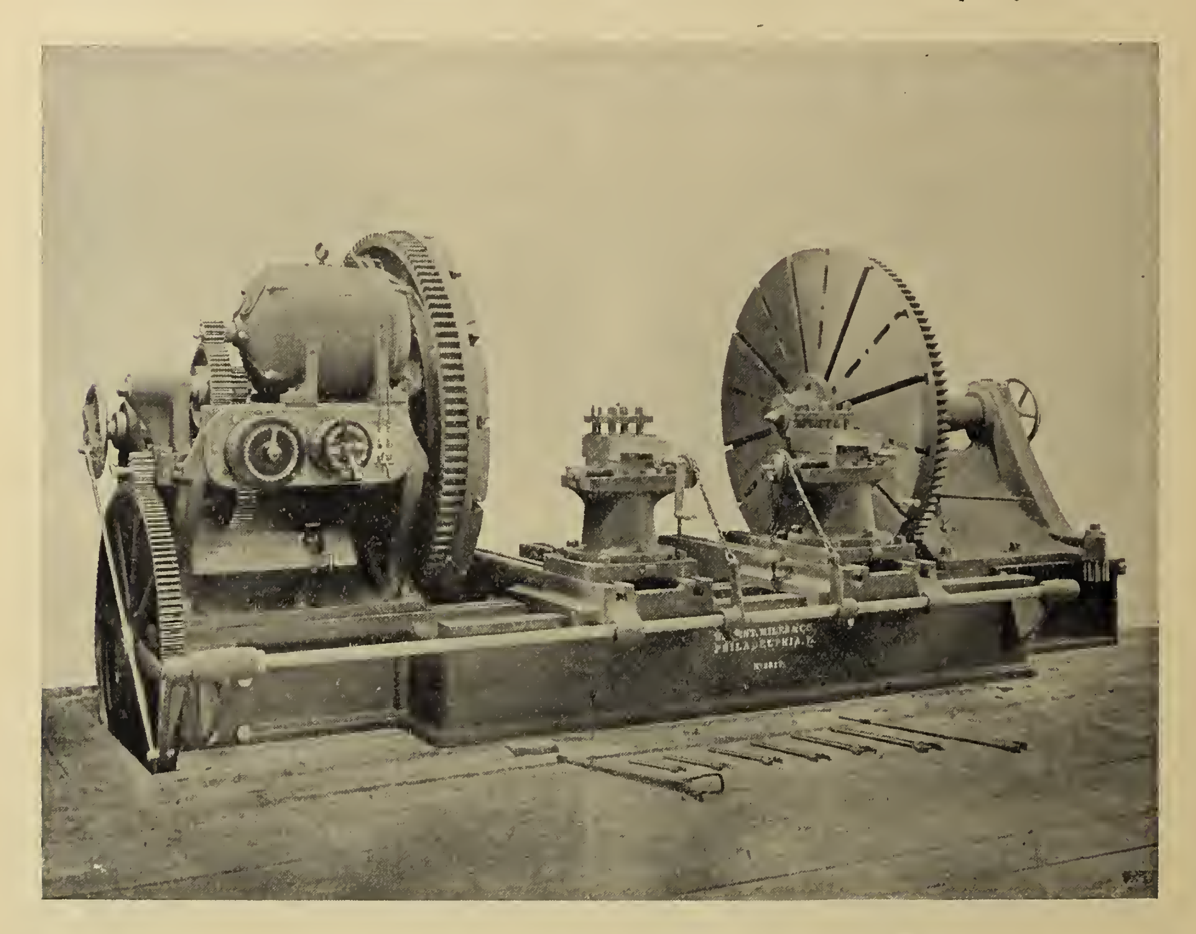


Fig. 33. — Tour à roues à commande électrique, type *Bement-Miles*.

le cas du gros outillage, une forte économie à réaliser dans l'amélioration du rendement même des transmissions, car il faut toujours une réduction de vitesse à deux ou trois courroies ou engrenages intermédiaires pour attaquer la machine-outil. Mais, comme les moteurs sont mis hors circuit quand la machine ne travaille pas, il y a, de ce fait, une économie très sensible, d'après les essais des ateliers Baldwin qui ont employé successivement la commande par transmissions et la commande par moteurs électriques.

Machines à aléser les logements des boutons de manivelles. — Ces machines (fig. 34) sont analogues à celles employées dans les ateliers de construction européens, elles sont seulement beaucoup plus robustes. Ces machines sont construites par Sellers et par les Niles Tools Works.

Presses à caler les roues. — Les presses employées pour le calage des roues sont toutes du type connu sous le nom de type Sellers. La fig. 35 représente une presse de 274 tonnes des Niles Tools Works.

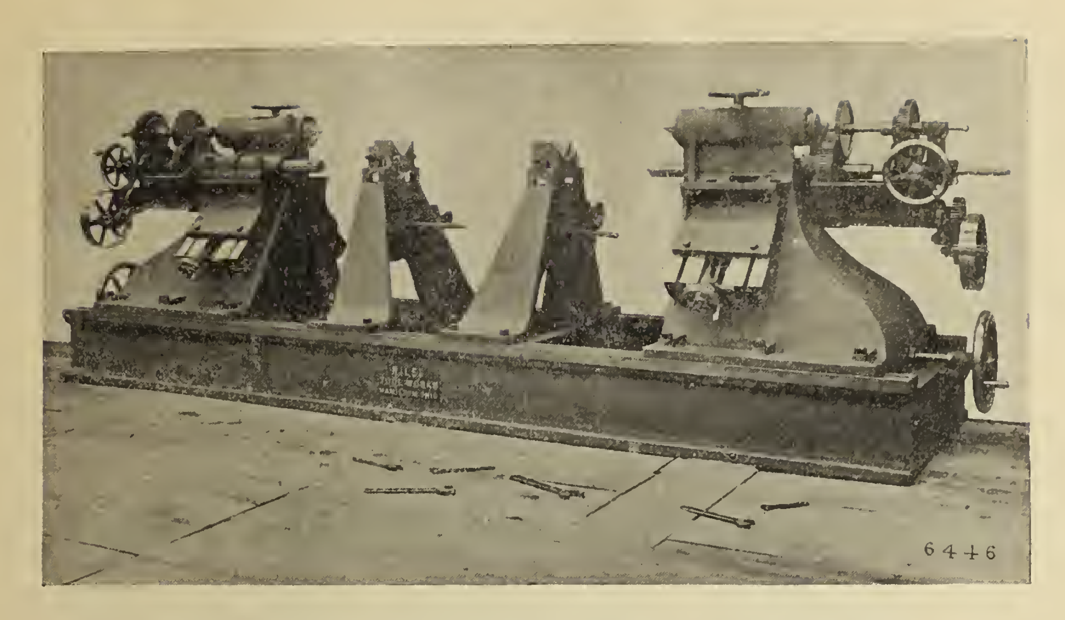


Fig. 34. — Machine à aléser les logements des boutons de manivelles.
Type de *Niles Tools Works.*

Fig. 35. — Presse à caler les corps de roues. Type des *Niles Tools Works.*

La fig. 35 *bis* montre l'emploi de cette presse pour différentes opérations. Pour se servir de cette presse comme presse à décaler on rapproche la traverse mobile du corps de pompe et on la maintient à l'aide de deux clavettes passant dans les évidements que l'on aperçoit sur le milieu de la fig. 35, l'essieu se trouve alors placé dans l'évidement de la traverse mobile, et la face intérieure du corps de roue à décaler vient butter contre la face intérieure de la traverse mobile.

Cette presse comporte deux corps de pompe que l'on peut débrayer séparément en poussant deux boutons agissant sur les clapets; l'un de ces corps de pompe sert pour le début de l'opération, l'autre dont le débit est moindre sert pour terminer le calage.

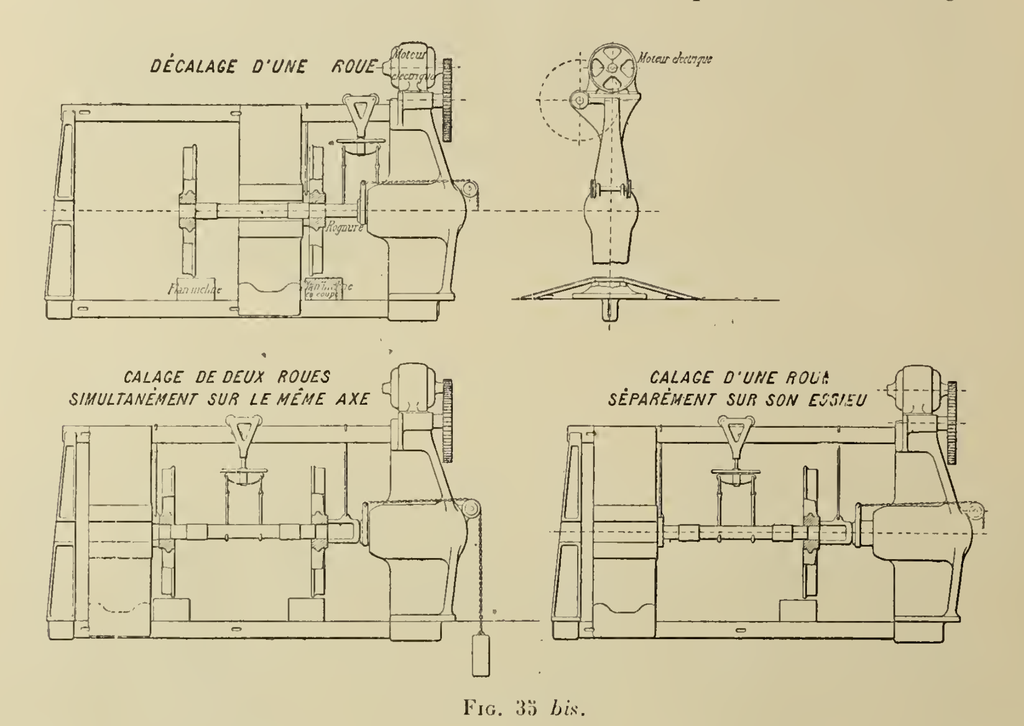


Fig. 35 *bis*.

Cette presse est extrêmement maniable pour le calage des corps de roues, elle le serait moins pour le calage et le décalage des boutons de manivelle. On emploie pour ce travail des presses de petite dimension de la maison Watson et Stillman, dans lesquelles on peut hausser et baisser facilement le corps de presse. Dans beaucoup de machines le bouton de manivelle est simplement enfoncé à la masse dans son logement ou emmanché coniquement avec un écrou de serrage.

Ces presses à caler les corps de roues sont très souvent placées sous un transbordeur de façon à faciliter la manutention des organes et l'enlèvement des roues montées.

Nous nous sommes bornés, dans ce qui précède, à une description sommaire de types de machines pour la plupart spécialement adaptées à un travail bien déterminé.

A côté de ces outils, il existe, dans les ateliers de construction de locomotives, un grand nombre d'outils d'emploi général : tours, raboteuses, mortaiseuses, fraiseuses, etc., de modèles bien connus aujourd'hui tant par les catalogues des constructeurs que par les spécimens importés en Europe.

Parmi ces outils nous signalerons seulement un tour en l'air très répandu dans les ateliers de construction de locomotives. Un modèle très maniable construit par la maison Bement and Miles est représenté par la fig. 36.

Le modèle représenté par cette figure est déjà un peu ancien mais il est resté le même

dans ses dispositions essentielles. La maison Pond construit un outil analogue extrêmement robuste.

Ce type de tour en l'air avec banc très court est également très répandu en Angleterre. Les modèles anglais sont d'ailleurs moins robustes que celui que nous venons de signaler, c'est un outil qui manque dans la plupart des ateliers de construction français, où le tour en l'air n'est, le plus souvent, qu'un tour sans contre-pointe, avec un banc démesurément long qui empêche l'ouvrier de tourner autour de sa pièce.

La caractéristique des outils employés chez les constructeurs de locomotives est la très grande puissance de l'outil eu égard aux dimensions de la pièce qu'il doit travailler.

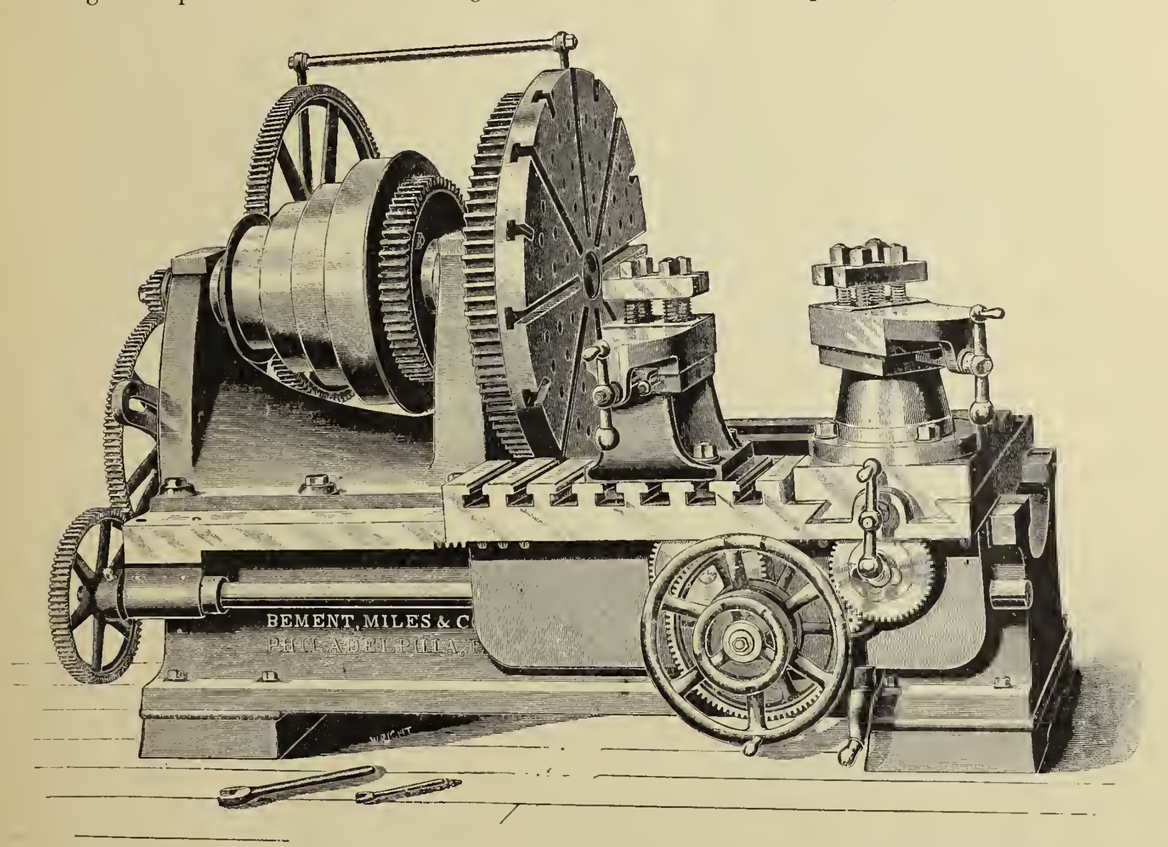


Fig. 36. — Tour en l'air. Modèle pour ateliers de locomotives de la maison *Bement-Miles*.

L'introduction des nouveaux aciers à grande vitesse de coupe paraît enfin avoir attiré l'attention des constructeurs de machines-outils sur ce fait que la plupart des outils en usage dans les ateliers de construction sont incapables d'utiliser à leur pleine capacité même les aciers à outils ordinaires et, à plus forte raison, les nouveaux aciers à outils.

Les personnes qui ont eu l'occasion d'examiner à l'Exposition de Vincennes de 1900 le fonctionnement du grand tour Bement-Miles employé par la Cie Bethlehem pour ses démonstrations des qualités de ses aciers à outils ont pu se rendre compte que les résultats obtenus avec ces aciers étaient dus en partie à la puissance du tour employé et à son fonctionnement sans vibration. Pour obtenir avec un acier à outil toute la vitesse de coupe qu'il peut supporter, il est indispensable que l'outil ne vibre pas.

Quelques outils de l'atelier de forge. — Avant de passer à la construction de la chaudière, nous signalerons encore quelques outils employés dans le travail de forge ; ces outils, se prêtant à la confection d'un grand nombre de pièces différentes, n'ont pas

pu trouver place dans les outils spéciaux à des travaux bien déterminés que nous avons indiqués plus haut.

Moutons à matricer. — Très employé aux États-Unis par les fabricants de pièces estampées et dans les fabriques d'armes, ces moutons sont également employés dans les ateliers de forge des constructeurs de locomotives, et notamment par les ateliers Baldwin.

La (fig. 37) représente l'un des meilleurs modèles de ces marteaux construit par la Waterbury Farrel Foundry. Comme tous les moutons à matricer de construction américaine il comprend une chabotte très massive de : 15 à 17 fois le poids de la masse tombante surmontée de deux montants en fonte qui servent de guide à la masse tombante. La remontée du mouton est effectuée à l'aide de deux galets en fer qui entraient entre eux la planche fixée au mouton.

Fig. 37. — Mouton à matricer de 1.000 kilog. Type de la *Waterbury Farrel Foundry*.

Le rapprochement ou l'éloignement des galets est commandé par une pédale ; une butée réglable à diverses hauteurs produit automatiquement la retombée du mouton si on le désire.

Ces marteaux, dont quelques exemplaires existent en France et en Belgique ne sont pas répandus comme ils devaient l'être, car ce sont des outils très maniables, qu'un seul homme conduit avec la plus grande facilité, même dans les grandes dimensions de 800 à 1.000 kilog. de masse tombante. On économise avec ces marteaux les deux tireurs des marteaux à sonnette employés dans la région des Ardennes. Les poulies qui commandent la remontée du marteau sont en *papier comprimé*, *pour éviter les ruptures* qui se produisent avec des poulies en fonte sous l'influence des vibrations et des chocs ; la planche qui sert à entraîner le marteau est en érable, bois qui résiste très bien à l'usure au frottement. Grâce à la très forte proportion entre la chabote et la masse tombante, ces marteaux ont un rendement élevé.

Les ateliers Baldwin possèdent 27 moutons de ce type.

Machines à forger. — Les machines à forger sont très répandues aux États-Unis, où elles servent à la fabrication de tous les boulons et de la plus grande partie des ferrures entrant dans la construction du wagon, elles sont toutes construites sur le même principe. La figure 38 représente une puissante machine à forger livrée par les ateliers de la Cie Ajax, de Cleveland, aux ateliers de construction Brooks.

Pour donner une idée du fonctionnement de ces machines nous supposerons qu'il s'agisse de former un axe, comme l'axe du pivot du bogie ou un boulon quelconque ; les matrices sont au nombre de deux (fig. 39) : l'une d'elles est fixée en *a* et l'autre *b* est mobile dans le sens de la flèche ; le poinçon P, qui doit refouler la tête du boulon, est commandé par un arbre à manivelle entraîné à l'aide d'un train d'engrenage par la poulie volant V (fig. 38).

Le fonctionnement de la machine est en somme le suivant : on chauffe l'extrémité de la barre qui doit servir à former la pièce et on introduit cette barre dans la demi-

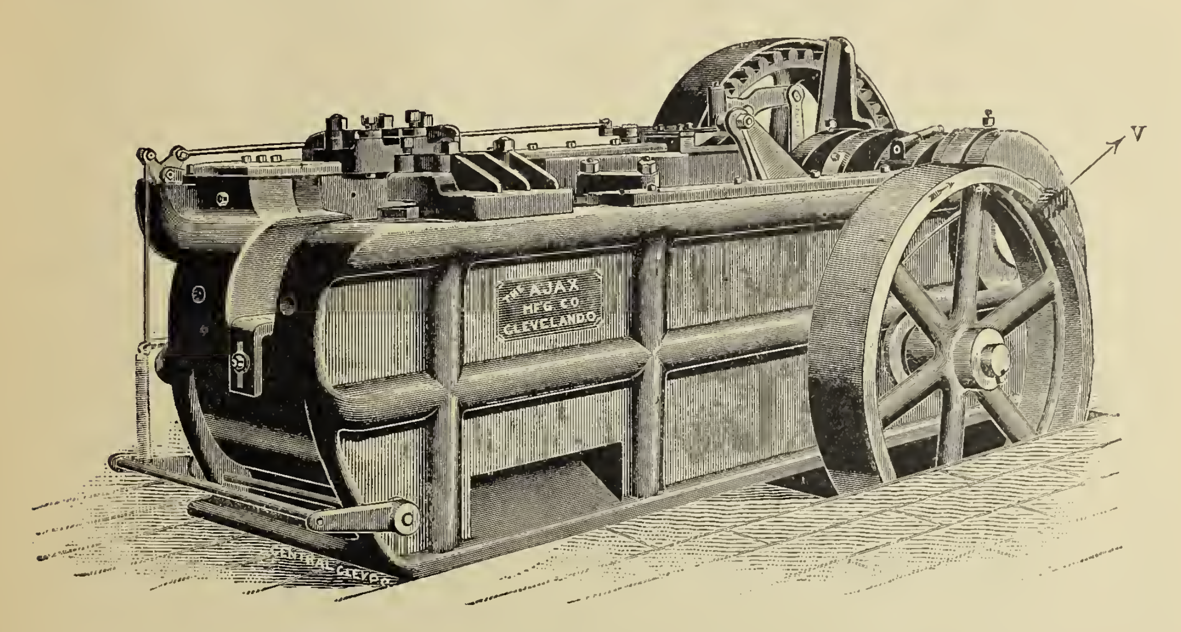


Fig. 38. — Machine à refouler *Ajax*. Type de 5 pouces employé aux ateliers *Brooks*.

matrice *a* jusqu'à ce que son extrémité vienne butter contre un doigt *d* dont on règle la position de façon qu'il y ait assez de métal pour former la tête.

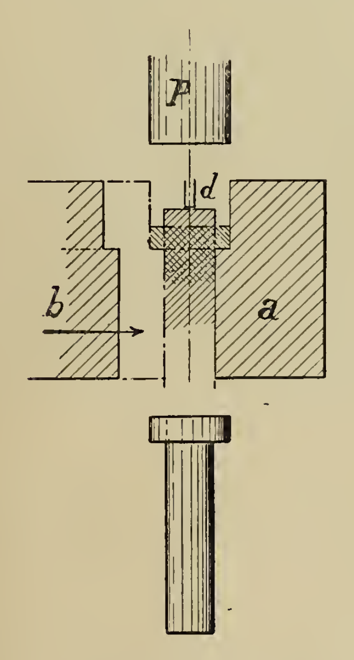


Fig. 39. — Schéma du fonctionnement des machines à refouler.

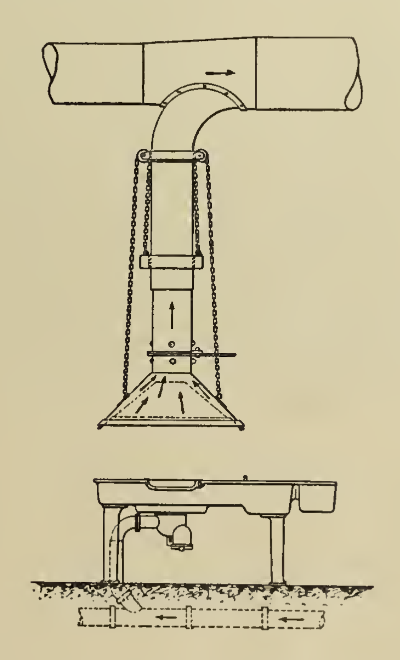


Fig. 41. — Disposition de forges *Sturtevant* aux ateliers de Schenectady.

En pressant sur la pédale,. on produit les opérations suivantes : la matrice *b* se rap-

proche vivement, et vient serrer la barre de fer contre *a*. Le doigt qui sert à régler la position du fer s'efface, et le poinçon vient refouler l'extrémité de la barre de fer et former la tête. Des machines d'un modèle un peu plus petit, mais construites sur même principe, sont employées pour fabriquer les boulons et et les rivets.

Mais c'est surtout dans la construction des wagons et voitures que ces machines trouvent un emploi extrêmement étendu.

Marteau Bradley. — Aux ateliers de Schenectady on emploie pour certains travaux de forge un marteau Bradley (fig. 40) ; ces marteaux, dont la forme dérive de celle des anciens martinets, sont très employés aux États-Unis, principalement chez les constructeurs de wagons ; ce marteau convient très bien pour les travaux d'étirage de pièces de petites dimensions.

Forges Sturtevant. — Notons enfin, aux ateliers de Schenectady, une disposition de

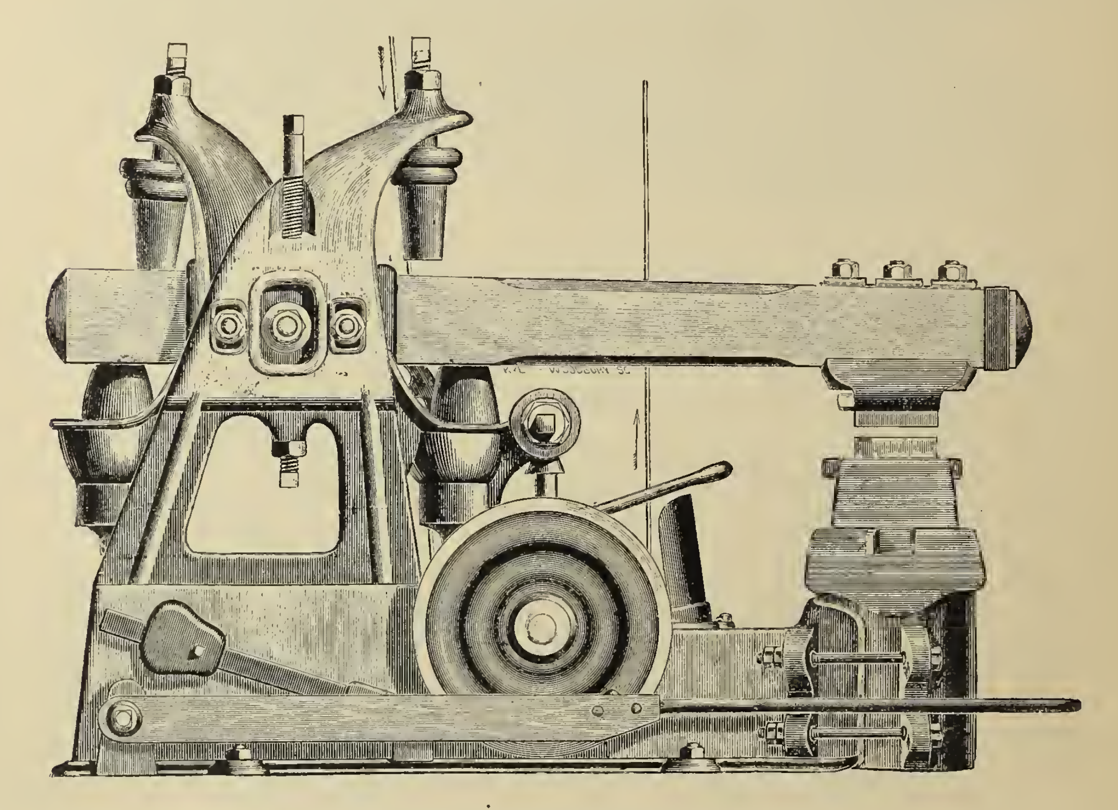


Fig. 40. — Marteau *Bradley*.

l'atelier des forges dont il existe d'ailleurs quelques exemples en Europe : les cheminées de forges débouchent (fig. 41) dans un conduit de fumée en communication avec un ventilateur placé dans la charpente ; on détermine ainsi une aspiration des fumées plus énergique que celle que donneraient des cheminées de hauteur ordinaire.

Cisaille de forge. — Le découpage des fers de forge s'effectue avec des cisailles de différents types ; l'un des meilleurs modèles est représenté par la (fig. 42). Cette cisaille est assez puissante pour découper des fers ou aciers doux de 100 $\times$ 100 de section, ou de toute section équivalente, elle peut être munie de lames pour le découpage des cornières ou des U. Deux détails de construction sont à noter : La bielle porte-lame, de construction très massive, est guidée, à ses deux extrémités, de part et d'autre du logement du collier

d'excentrique qui l'entraîne. Au lieu d'être équilibrée par un contrepoids, cette bielle est équilibrée par un piston sur lequel agit soit l'air comprimé, soit la vapeur.

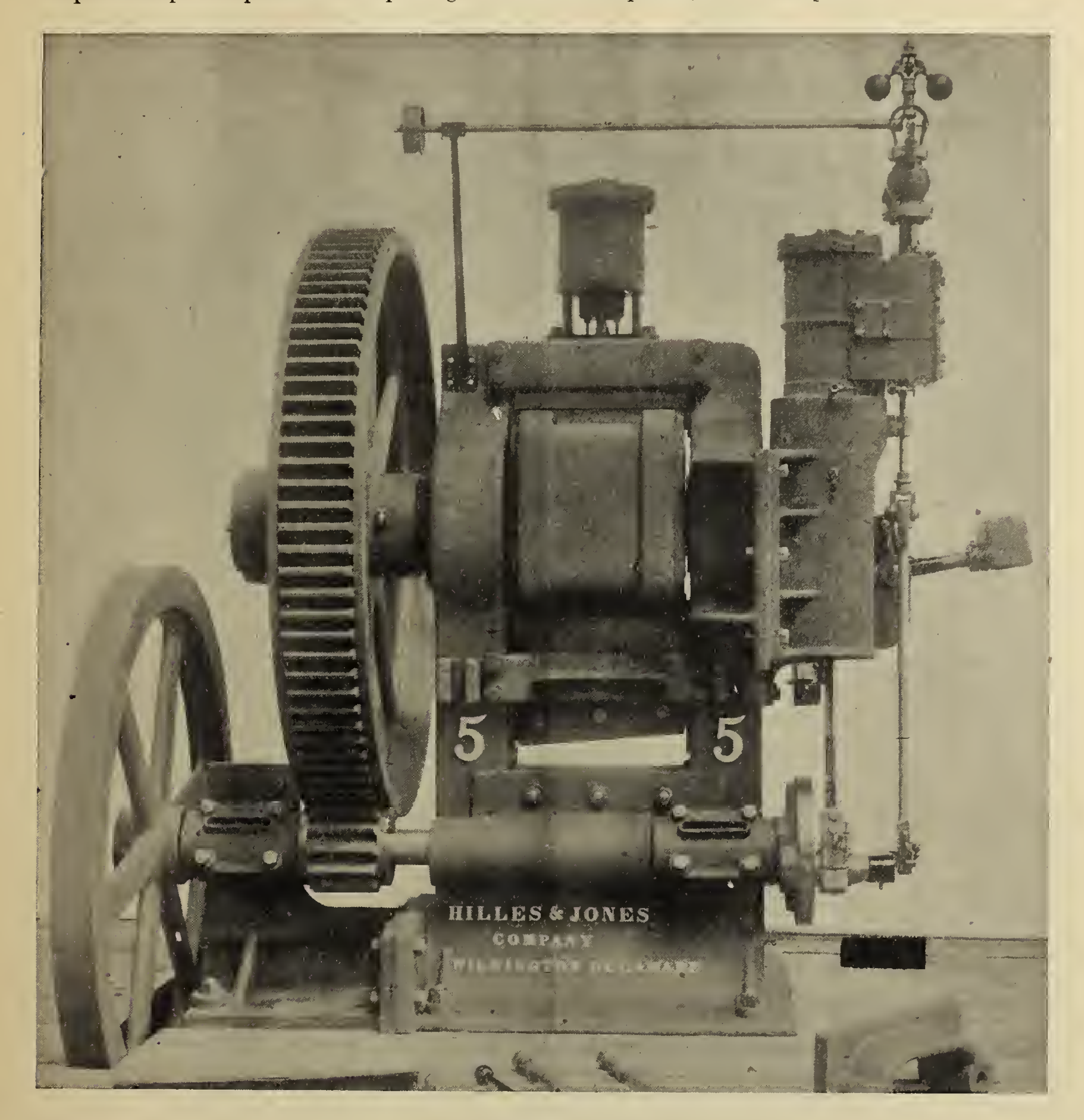


Fig. 42.

Une cisaille de ce modèle commandée par moteur électrique fonctionne aux ateliers Brooks.

Chaudronnerie.

Les ateliers de chaudronnerie américains ont été pendant longtemps en retard, au point de vue de l'outillage, sur les ateliers anglais. Presque tout le travail d'emboutissage se faisait à la main, et il y a encore beaucoup de constructeurs qui le pratiquent, le trouvant soit meilleur, soit moins coûteux que le travail à la presse, en raison de la grande diversité des formes de chaudières et du grand nombre de poinçons et de matrices qu'il leur faudrait emmagasiner. Quoi qu'il en soit, il existe aujourd'hui, aux États-Unis, des outils de premier ordre, d'une puissance bien supérieure à ceux que nous employons.

L'atelier de chaudronnerie de Schenectady et celui des Pittsburgh Locomotive Works sont parmi les mieux installés, tant au point de vue de l'outillage qu'à celui des dispositions générales. La coupe de l'atelier de chaudronnerie des Pittsburgh Locomotive Work

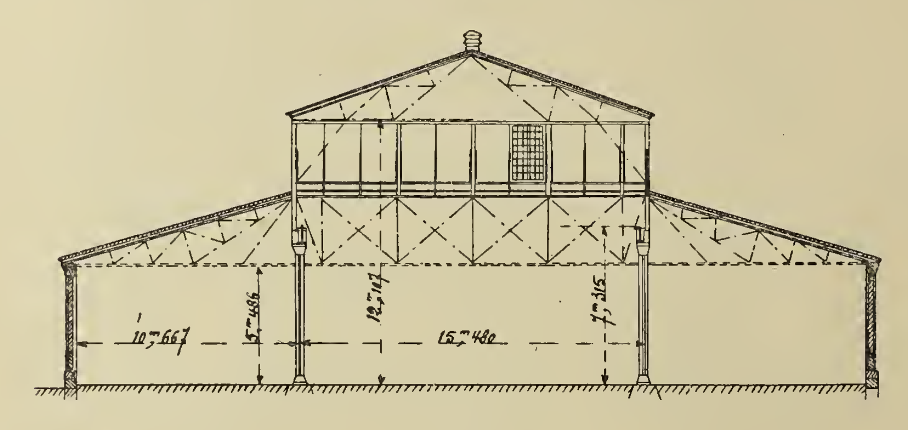


Fig. 42.

est représentée par la fig. 42 ; le bâtiment comprend une travée centrale et deux ailes.

Cette disposition est la meilleure quand elle peut être adoptée.

Le milieu de l'atelier est alors affecté au montage des chaudières. A une des extrémités, la toiture est surélevée de façon à permettre l'installation de transbordeurs au-dessus des riveuses hydrauliques. On place dans la travée centrale la machine à cintrer les tôles de façon que celles-ci puissent être facilement enlevées par le transbordeur.

La presse à cintrer et la plupart des poinçonneuses et des perceuses trouvent leur place dans les ailes de l'atelier.

Il n'y a pas de fosses de montage ; ces fosses sont considérées comme gênantes pour les manœuvres et nuisibles à la bonne utilisation de l'espace couvert ; on n'en trouve d'ailleurs pas dans les nouveaux ateliers de chaudronnerie anglais : Crewe, Horwich.

La partie centrale de l'atelier est desservie par un ou deux transbordeurs électriques manœuvrés par un conducteur spécial qui se tient dans une cage suspendue, comme d'ailleurs tous les transbordeurs modernes à grande vitesse.

Les transbordeurs électriques qui servent à la manutention des chaudières au-dessus des riveuses, et qui n'effectuent que des déplacements de quelques mètres, sont commandés par un homme qui se tient à côté des riveurs et *manœuvre des commutateurs fixes.*

Emboutissage. — Le modèle le plus puissant et le mieux compris pour l'emboutis-

sage des tôles de chaudières est celui qui fonctionne aux ateliers de Schenectady (fig. 43). Il a été construit par la *Morgan Engineering Cie d'Alliance Ohio.*

Cette machine comporte sept pistons, savoir :

Un piston principal au centre de la presse ; quatre petits pistons disposés radialement pour appliquer la tôle à emboutir contre le poinçon ; un piston concentrique au piston

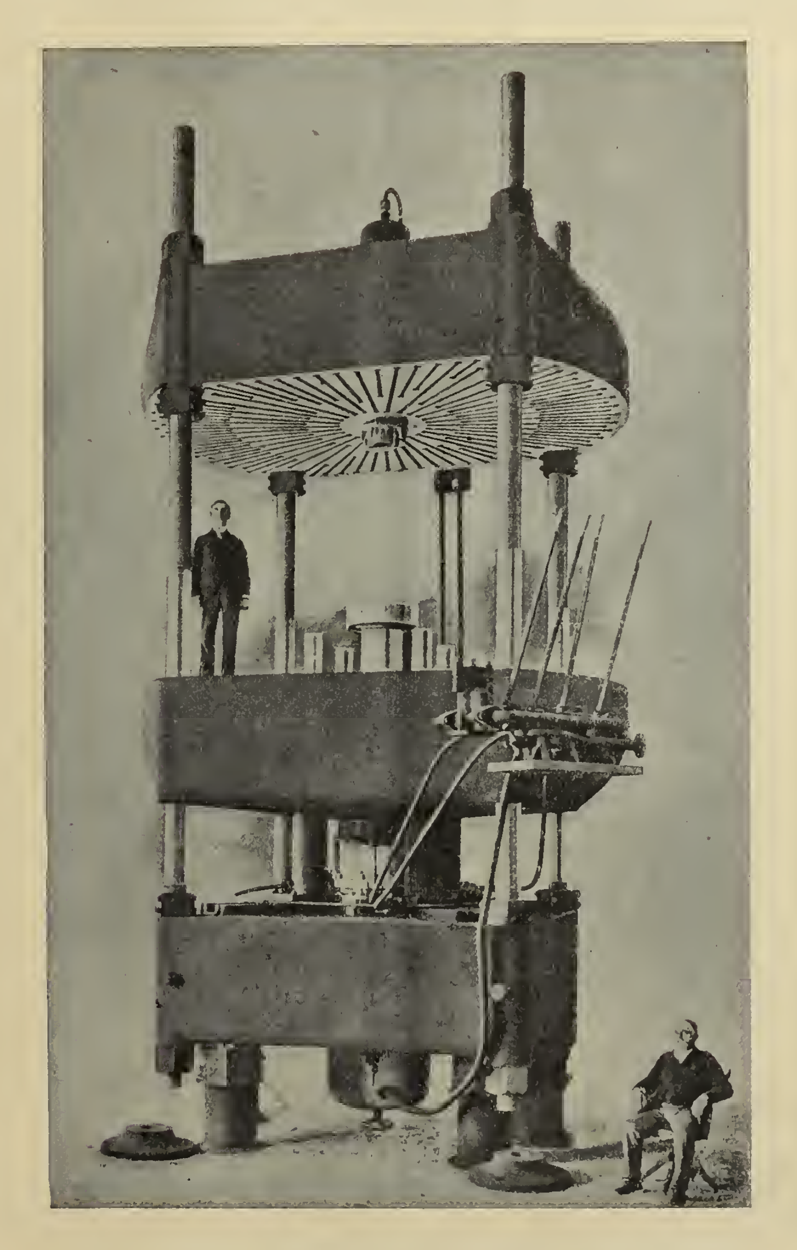


Fig. 43. — Grande presse à emboutir des ateliers de *Schenectady*.

principal qui lui sert de cylindre ; enfin, un piston agissant de haut en bas et placé à la partie supérieure de la presse.

Voici les dimensions principales :

Plateau....................................	3 m. 800 × 4 m. 250
Diamètre du piston principal..........................	710 mm.

Diamètre du piston intérieur	356 mm.
Diamètre des quatre petits pistons	152 mm.
Diamètre du piston supérieur	254 mm.
Pression par centimètre carré	105 kilog.

Le piston intérieur et le piston supérieur sont particulièrement commodes pour l'emboutissage des portes de foyers qui ne sont jamais munies de cadre; les fig. 44 et 45

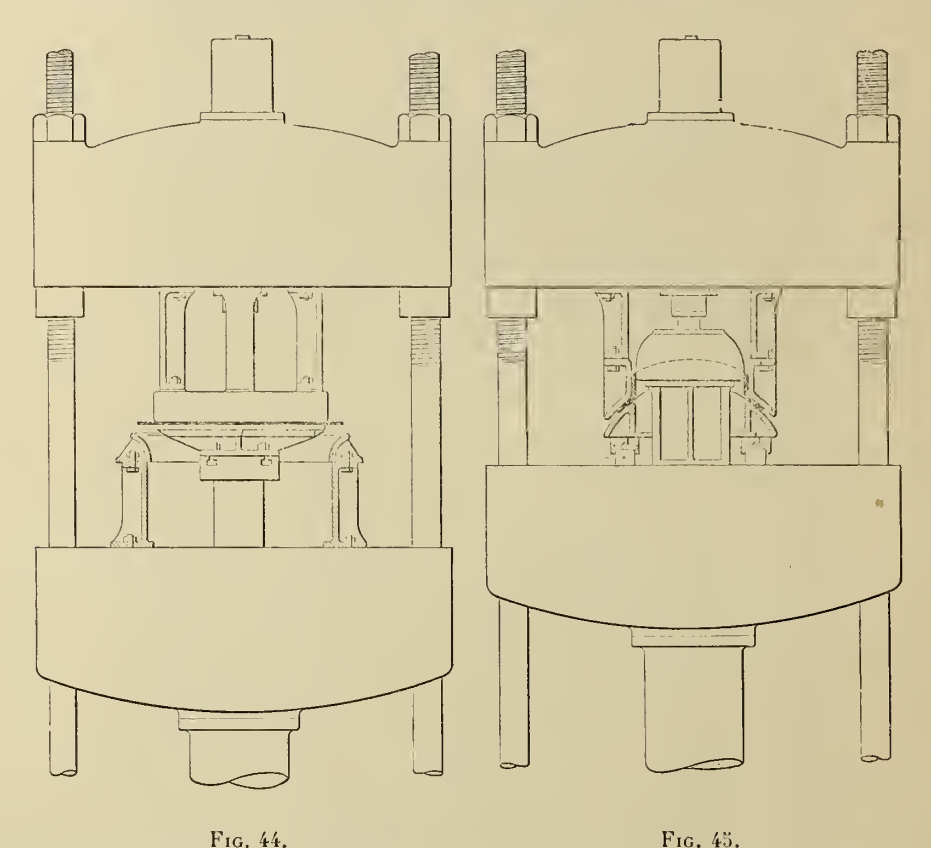


Fig. 44.
Emboutissage d'une plaque tubulaire.

Fig. 45.
Emboutissage d'une collerette de dôme.

représentent les outillages employés pour l'emboutissage d'une plaque tubulaire avant et l'emboutissage d'une embase de dôme.

Ces presses sont desservies par des fours chauffés à l'huile entraînée et vaporisée par un courant d'air ou de vapeur. Ce chauffage est à la fois très rapide et très régulier; il permet de faire lécher toute la surface de la tôle par de grands jets de flamme que l'on règle à volonté.

On trouvera, dans un travail de M. Browne, ingénieur du Pensylvania RR. *Construction de la locomotive moderne*[1], d'intéressants renseignements sur la confection des matrices; celles que j'ai vu employer à Schenectady m'ont paru plus simples, bien que faites sur le même principe.

Le poinçon était constitué par quatre pièces, dont on réglait l'écartement avec les bords de la matrice en introduisant *des cales d'épaisseur variable dans les joints*; le

1. Publié dans l'*American Engineer and Railroad Journal.*

poinçon et la matrice étaient bruts de fonderie, sauf dans les parties par lesquelles ils reposaient sur les plateaux et dans les joints qui servaient à régler l'écartement.

On m'a affirmé que les emboutis très réguliers qui étaient dans l'atelier avaient été obtenus en une seule chaude sans calibrage ; les rayons suivant lesquels les plaques AR de boîte à feu étaient emboutis m'ont d'ailleurs paru plus grands que dans les locomotives de construction européenne.

Machine à cintrer. — La figure 46 représente une machine livrée tout récemment, par la maison Hilles et Jones, aux ateliers de New-York Central. Cette machine est destinée à cintrer les tôles ayant jusqu'à 19 millimètres d'épaisseur. Le diamètre du cylindre supérieur est de 382 millimètres, celui des deux cylindres inférieurs de 305 millimètres ; tous ces cylindres se font habituellement en fer forgé.

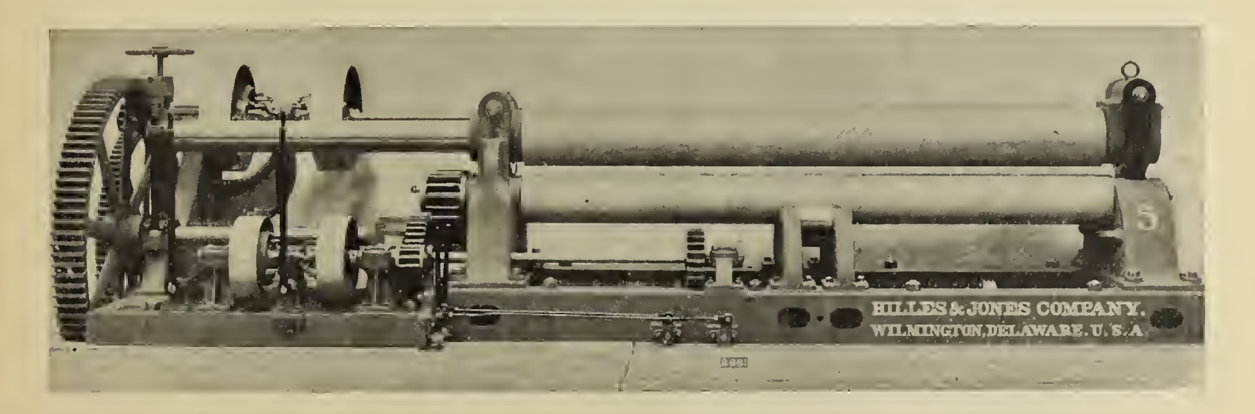


Fig. 46. — Machine à cintrer les tôles de chaudières.

Quelques détails de construction sont à signaler.

C'est d'abord le dispositif employé pour maintenir le cylindre supérieur quand on retire le palier de droite pour enlever la virole cintrée.

Les deux paliers du cylindre supérieur peuvent se hausser et se baisser simultanément ou indépendamment l'un de l'autre, ce qui est très utile quand il s'agit de cintrer des viroles coniques comme celles des chaudières dites « wagon top » ou « extended wagon top ». On aperçoit, sur l'avant de la figure, les deux leviers à l'aide desquels on embraye ou débraye les deux engrenages commandant le mouvement des paliers du cylindre supérieur.

Le cylindre inférieur, placé sur l'avant de la figure, porte une rainure parallèle à son axe dans laquelle on peut engager le bord d'une tôle, ce qui permet d'effectuer rapidement certains pliages. Enfin, le socle de la machine est de grande hauteur et très rigide.

La machine dont nous donnons la photographie se fait très souvent, aujourd'hui, avec commande électrique par deux moteurs séparés, l'un pour actionner les cylindres, l'autre pour lever ou abaisser les paliers. Cette disposition permet de placer la machine en un point quelconque de l'atelier desservi par le transbordeur, sans s'occuper des transmissions.

Poinçonneuses. — Les constructeurs américains poinçonnent, comme on le sait, toutes leurs tôles de chaudières, à moins d'indication contraire de la part de leur client. Les ateliers de Schenectady ont cependant comme pratique de percer toutes leurs tôles de foyers.

Les machines à poinçonner sont de divers modèles. Les plus répandus sont ceux de la maison Hilles et Jones; la fig. 47 représente un de ces modèles. L'un des côtés est représenté fonctionnant comme cisaille; mais les grands ateliers de

construction ont le plus souvent leurs cisailles séparées et utilisent les deux côtés pour le poinçonnage.

Cette machine est également munie d'une commande électrique qui permet de la placer dans l'atelier sans s'occuper des transmissions.

Elle comporte plusieurs particularités intéressantes.

Chacun des côtés peut être embrayé séparément soit par un levier, soit par une

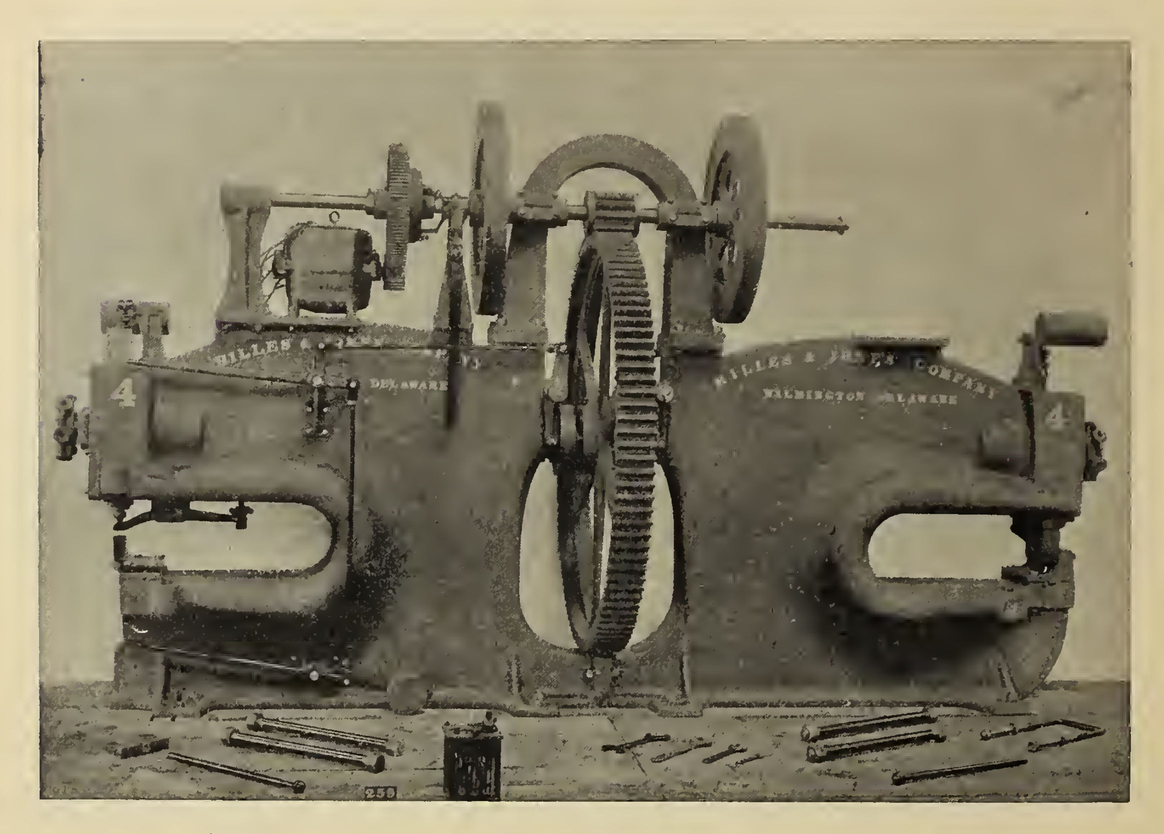


Fig. 47. — Poinçonneuse à commande électrique de *Hilles et Jones.*

pédale ; l'embrayage ou le débrayage, au moyen d'une griffe, peuvent se produire quatre fois par tour ; le poinçon s'arrête automatiquement à telle hauteur que l'on veut au-dessus de la matrice.

Le pied de biche qui dégage le poinçon de la tôle est facilement et rapidement réglable à différentes hauteurs par une vis.

On peut faire monter et descendre le poinçon à la main au moyen du tourniquet que l'on aperçoit sur la gauche de la figure, ce qui permet de faire très rapidement le réglage du poinçon sans avoir besoin de tourner la cisaille à la main et d'arrêter les ouvriers qui travaillent de l'autre côté[1].

Enfin, pour les gros travaux de poinçonnage ou de cisaillage, on peut entretoiser les parties inférieures et supérieures du bâti à l'aide de gros boulons que l'on aperçoit sur le devant de la figure. Ces boulons passent par des trous ménagés dans les côtés des nervures qui renforcent le bâti.

1. Ce tourniquet est remplacé, dans les modèles plus petits, par un volant qui permet d'amener à la main le têton du poinçon sur le coup de pointeau marquant le centre du trou ; on peut ainsi poinçonner avec une très grande précision.

On emploie, pour le poinçonnage des tôles embouties, des poinçonneuses horizontales du type de celle représentée par la fig. 48. Les fig. 49 et 50 indiquent différentes positions



Fig. 48. — Poinçonneuse horizontale *Hilles et Jones* pour pièces embouties.

des tôles pour le poinçonnage. On peut également, avec ces machines, poinçonner les clouures transversales des viroles.

Perceuses. — Les perceuses les plus puissantes pour tôles de chaudières sont celles

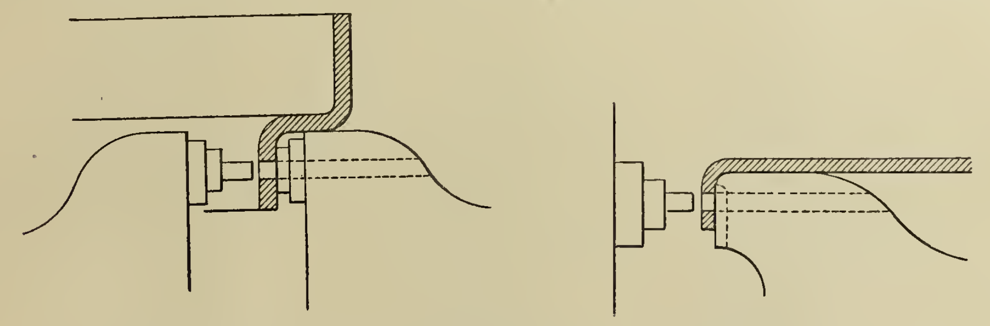


Fig. 49 et 50. — Poinçonnage des tôles embouties sur les poinçonneuses horizontales.

construites par les ateliers Sellers pour la maison Baldwin. La fig. 51 représente une de ces machines; elle comporte quatre groupes de trois porte-forets; dans chaque groupe, les trois arbres porte-forets sont réglables séparément en écartement et en hauteur (ce qui permet d'utiliser des forets de différentes longueurs). Chacun des groupes peut être débrayé ou embrayé séparément et a son mouvement de descente indépendant de celui des autres groupes. Le diamètre de chacun des arbres est de 50 millimètres.

Les ateliers Baldwin possèdent une autre machine à percer, de Sellers, dans laquelle le bâti est de même modèle, mais où chacun des chariots supportant un groupe de trois forets est remplacé par un chariot servant de bâti à une radiale dont le foret peut être écarté à des distances du pivot variables de 368 millimètres à 1 m. 230.

Pour le perçage, ou plus exactement pour l'alésage des plaques tubulaires, car les trous sont poinçonnés d'un avant-trou d'un diamètre inférieur au trou définitif, les ateliers de Schenectady emploient une puissante machine à quatre forets de Bement et Miles.

Nous noterons encore, en raison de leurs dimensions exceptionnelles, et pour bien

marquer la spécialisation de l'outillage vers laquelle tendent les constructeurs américains,

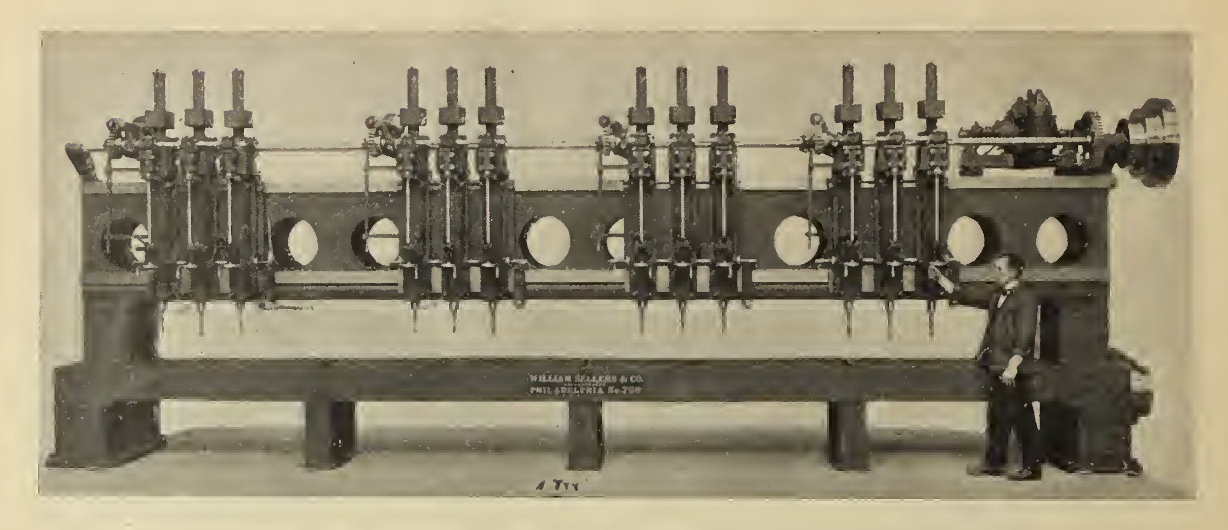


Fig. 51. — Machine à percer les tôles de chaudière des ateliers *Baldwin* (*Sellers* constructeur).

deux puissantes machines multiples étudiées et construites par la maison Sellers pour les

Fig. 52. — Machine à percer les clouures transversales construite par les ateliers *Sellers.*

ateliers de la Société russo-américaine, de Sormovo (près Nijni-Novgorod, Russie). L'une

de ces machines est destinée à percer les clouures longitudinales, l'autre les clouures transversales ; elles peuvent, l'une et l'autre, percer des corps cylindriques de diamètres variant de 0 m. 930 à 2 m. 130 ; les forets sont réglables en hauteur, écartement et inclinaison, pour la machine à percer les clouures transversales. Chaque groupe est commandé par un moteur électrique séparé ; ce moteur électrique séparé permet de faire mouvoir les

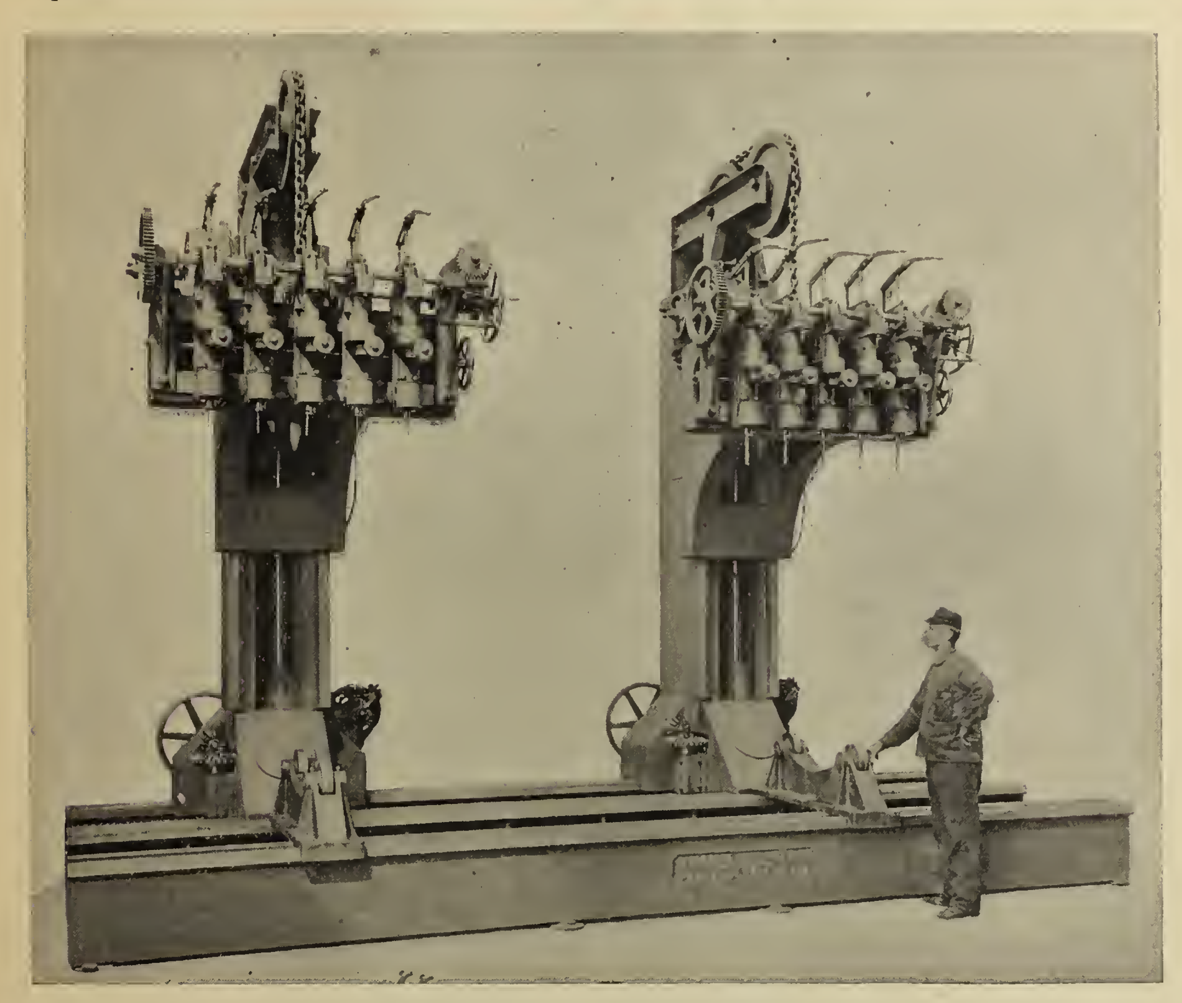


Fig. 53. — Machine à percer les clouures longitudinales construite par les ateliers *Sellers*.

colonnes porte-outils le long du banc, et aussi de hausser et baisser les porte-outils. Ces machines sont représentées par les fig. 52-53.

Montage des chaudières. — Le montage des chaudières se fait sur tréteaux, les chaudronniers paraissent se préoccuper assez peu de faire coller les tôles bien exactement. Les trous des entretoises des foyers sont poinçonnés ou percés avant le cintrage des tôles. L'alésage des trous se fait à l'aide de moteurs à air comprimé, aujourd'hui bien connus en Europe ; généralement le moteur est tenu par deux hommes, le travail est fait très rapidement.

Rivetage. — Le rivetage des corps cylindriques se fait avec des riveuses fixes, genre Twedell ; une des plus belles installations est celle des ateliers de Schenectady, elle comprend trois riveuses. La fig. 54 représente la plus grande ; elle permet d'exercer sur la bouterolle des pressions de 25, 75 ou 100 tonnes.

Cette riveuse peut admettre 5 m. 200 entre la bouterolle et le boulon réunissant les deux moitiés du bâti en acier moulé. L'écartement entre les montants est assez grand ; le cylindre surplombe le bâti, disposition qui est commode pour river la boîte à feu au corps cylindrique. Cette disposition a été imaginée et brevetée par M. Vauclain, des Baldwin Locomotive Works. Le bâti de cette machine est en acier moulé.

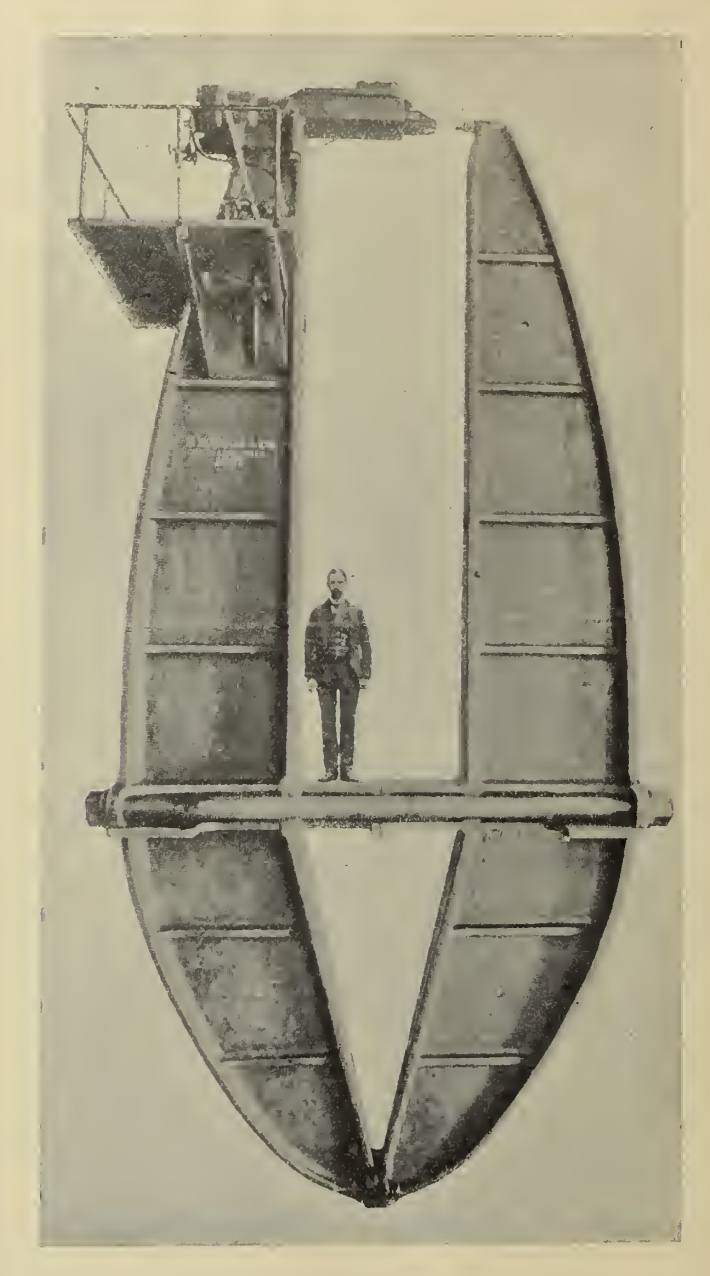


Fig. 54. — Grande riveuse des ateliers de *Schenectady* (type Wood), dispositif Vauclain.

On peut se demander l'utilité de si fortes pressions pour le rivetage des chaudières ; il ne faut pas oublier que les chaudières dans les machines américaines, atteignent jusqu'à 2 mètres de diamètre, et que les dimensions des rivets croissent en conséquence. De plus, les constructeurs américains ont une tendance à employer, pour un même diamètre de corps cylindrique, des rivets de plus fort diamètre que ceux employés dans les locomotives

européennes et à donner à leur tète une forme moins aplatie. Enfin les constructeurs paraissent aussi compter sur une pression énergique pour assurer le eollage des tôles.

Matage. — Le matage se fait au marteau pneumatique ; ces marteaux sont actuellement trop connus pour qu'il soit besoin de s'arrêter à leur deseription. Les matoirs employés ont la forme d'un burin arrondi (fig. 55). Lc matagc obtcnu avce ce burin est

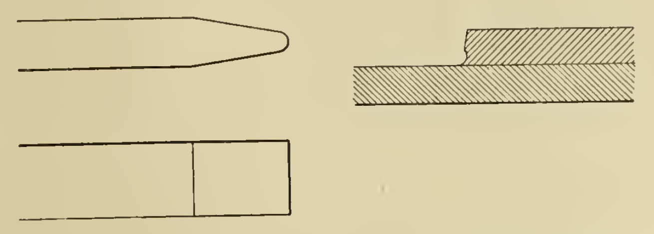


Fig. 55. — Matoir arrondi pour matage des chaudières.

très énergique mais n'entaille *jamais la tôle inférieure*. Un matage fait avec cet outil détermine le collage des tôles sur les bords plus énergiquement que ne le fait le matage tel qu'on le pratique généralemcnt en Franee, il dispense de faire coller les tôles aussi exactement que nous le pratiquons généralement. Il ne paraît pas non plus offrir d'inconvénients sérieux, car, à l'endroit où se pratique le matage, la *tôle*, dont le métal est *refoulé*, ne travaille pour ainsi dire plus, *se trouvant en dehors de la rivure*.

Fabrication et pose des entretoises. — La question de la fabrication et de la pose des entretoises a paru asscz importante aux ingénieurs américains pour en faire un des sujets à traiter par l'assemblée des Master Meehanics en 1899. Nous ne retiendrons, des différentes méthodes énumérées pour le travail des entretoises, que les principales conclusions du Comité, qui comptait parmi ses membres M. Vauelain, ingénieur des ateliers Baldwin.

« Couper les entretoises dans les barres au moyen d'une eisaille et faire le carré « servant à la pose soit à l'aide d'une maehine à forger les boulons, soit en écrasant la « tête. Tarauder les entretoises avec unc taraudeuse ayant *une vis mère pour régulariser* « *le pas*, ou sur un tour-revolver ayant des coussinets disposés de manière à donner un pas « très régulier (tour Jones et Lanson, dispositif Hartness). Comme lubrifiant pour le tarau- « dage, le meilleur cst l'huile de lard « Lard oil » ; on peut encore employer l'huile de « cotonnier.

« Pour ce qui est de la préparation des trous dans lesquels sont vissées les entretoises, « percer les trous dans le foyer et les poinçonner dans la tôle de boîte à feu à 3 mm. 2 plus « étroits, aléser ensuite avec un taraud alésoir. Pour le taraudage, on peut se servir, ainsi « que pour la pose, dc moteurs éleetriques ou de moteurs à air eomprimé.

« Il vaut mieux aeheter les tarauds à entretoises et les mères pour tailler les coussi- « nets de taraudage chez des constructeurs spéciaux que de les faire soi-même ; cettc « fabrieation demande des soins minutieux et des outils de précision dont on ne peut pas « toujours disposer dans un atelier de chemin de fer. »

Quand on perce des trous dans les entretoises, ils ne sont jamais percés de travers en travers, mais seulement aux deux extrémités, quelquefois même à l'extrémité *extérieure seulement*.

Les taraudeuses employées aux États-Unis, aussi bien pour les entretoises que par la boulonnerie, sont du type représenté par la fig. 56. Dans ces maehines, le taraudage est produit par quatre lames eoiffées chacune d'un guide en acier (fig. 56) qui peut glisser le long d'un plan ineliné également en acier trempé. Quand le taraudagc est effectué sur la longueur voulue, un déelenehement automatique détermine l'écartement des lames ; on peut alors retirer immédiatement le boulon ou l'entretoise qui viennent d'être taraudés.

Ces taraudeuses procurent, sur les types ordinairement employés en France, une énorme économie de main d'œuvre et produisent un très beau taraudage. Dans quelques machines une vis mère entraîne le chariot et corrige ainsi le pas des coussinets s'il se trouve défectueux; c'est le dispositif recommandé par le comité des Masters Mechanics. Les constructeurs, souvent peu soigneux en matière de chaudronnerie, semblent attacher une grande importance au taraudage très exact des entretoises, de façon qu'elles soient posées autant que possible sans tension initiale [1].

Pose des tubes. — Les tubes sont souvent posés à l'atelier du montage seulement quand la chaudière est en place, on emploie des dudgeons mus par moteur à air comprimé.

D'une manière générale le travail de chaudronnerie n'est pas aussi soigné que dans nos ateliers. Un des points faibles des chaudières américaines est notamment le manque

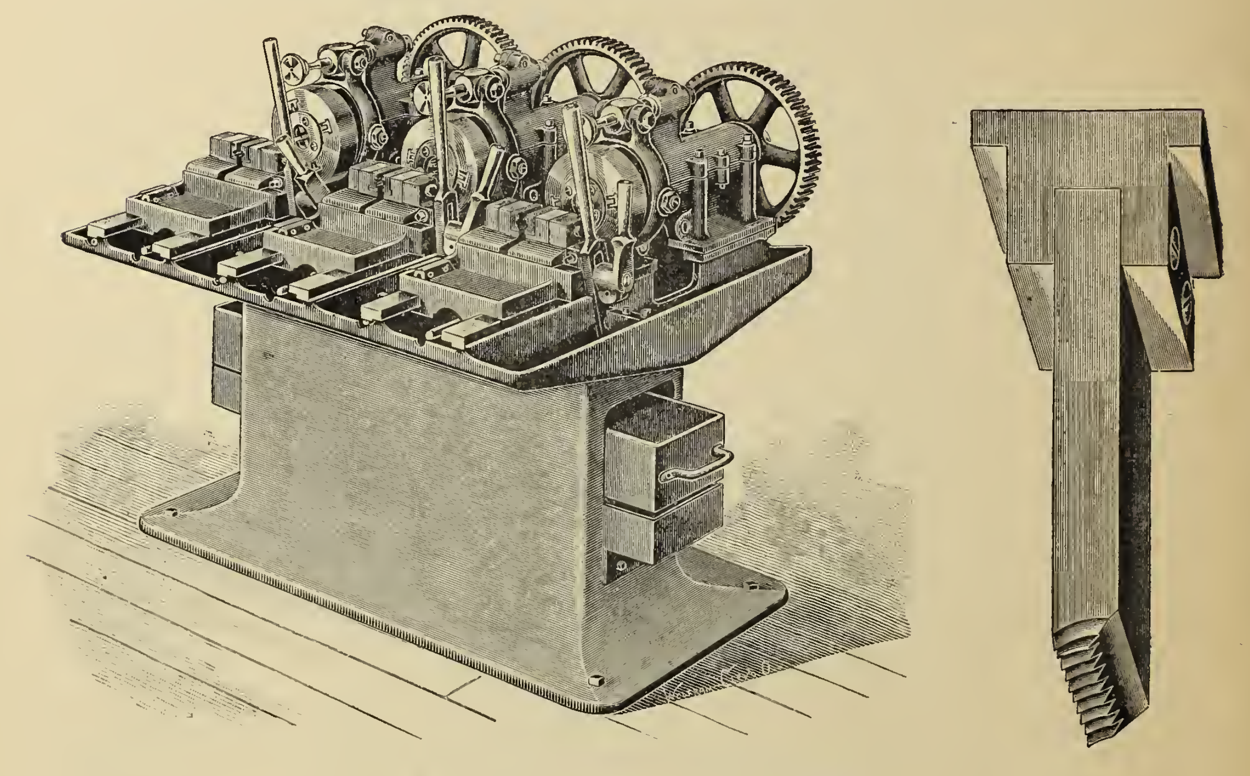


Fig. 56. — Taraudeuse triple *Acmé* et Coussinet [2].

d'étanchéité des angles de la boîte à feu. Un grand nombre de chaudières perdent plus ou moins abondamment en ces points. Aussi, quelques constructeurs commencent-ils, bien que sur une très petite échelle, à employer des *cadres à oreilles*.

La robinetterie, simplement vissée, donne lieu également à de nombreuses fuites fort incommodes car elles se produisent à l'intérieur de l'abri; on commence, il est vrai, à employer maintenant de la robinetterie boulonnée ou rivée à la chaudière.

Ce sont là les défauts apparents.

La pratique américaine de poinçonner les tôles de foyers doit être également condamnée et elle commence à être abandonnée par quelques établissements. Nous avons vu plus haut que le comité des Masters Mechanics recommande le perçage des tôles de foyers.

1. En Angleterre, où l'entretoise n'est généralement pas percée non plus, on apporte également le plus grand soin à avoir des entretoises à pas très régulier, elles sont généralement filetées.

2. Pour le détail de cette taraudeuse, voir G. Richard, *Traité des machines-outils*, vol. II, p. 373.

Ces réserves faites, il faut reconnaître que les chaudières américaines ne manquent pas de solidité; elles font un service extrêmement dur et soutiennent des taux de combustion que nous ne réalisons pas dans nos foyers.

Les explosions de chaudières de locomotives, qui sont, toutes proportions gardées, beaucoup plus fréquentes qu'en France, où elles sont presque inconnues, paraissent dues au manque de surveillance et de visite et surtout à la pratique, encore la plus générale, de ne pas percer les entretoises. J'ai vu, dans un atelier, un foyer démonté fortement bombé, et comme je demandai la cause, on me dit que *ce n'était dû qu'à quelques entretoises cassées*; l'ingénieur qui m'accompagnait paraissait considérer cette déformation comme absolument normale. De plus, on laisse en service des foyers de locomotives qui sont réellement cousus de pièces, et dans lesquelles on trouve souvent, sur plusieurs centimètres, des lignes de goujons destinés à boucher les cassures.

Montage.

Le montage des locomotives s'effectue beaucoup plus rapidement que dans les ateliers français; aux ateliers de Schenectady, une machine reste environ huit jours au montage; aussi les ateliers de montage sont-ils de dimensions assez réduites. Le montage de Schenectady, qui livre 380 à 400 locomotives à voie normale par an, ne comprend que 17 fosses dont 15 seulement utilisées pour le montage.

Indépendamment de toutes questions techniques, quelques règles générales favorisent le montage rapide; *on ne commence le montage que quand tout le détail est abso-*

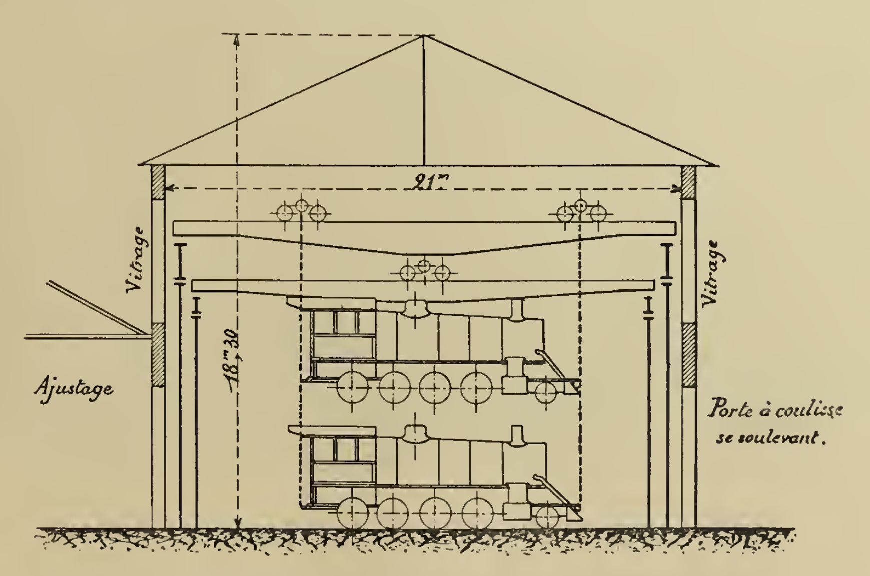


Fig. 57. — Coupe du montage des ateliers *Brooks*.

lument prêt, et, autant qu'il m'a paru, les ateliers s'arrangent pour ne pas mélanger les commandes et ne mettre à peu près en chantier en même temps que des locomotives pareilles. Cette pratique m'a paru notamment se dégager nettement de la visite des ateliers Brooks et des ateliers de Schenectady.

Le travail est extrêmement divisé, principalement aux ateliers Baldwin; il y a des

équipes *spéciales* pour les *différentes parties* des locomotives, équipes qui sont chargées toute l'année des mêmes travaux; *l'uniformité de dessin* des machines américaines, où l'on retrouve *toujours les mêmes dispositions* avec des dimensions variables, favorise beaucoup cette division du travail; il y a les monteurs de cylindres et de longerons, les monteurs de supports des glissières de piston, les monteurs d'abris, les monteurs de freins, etc.

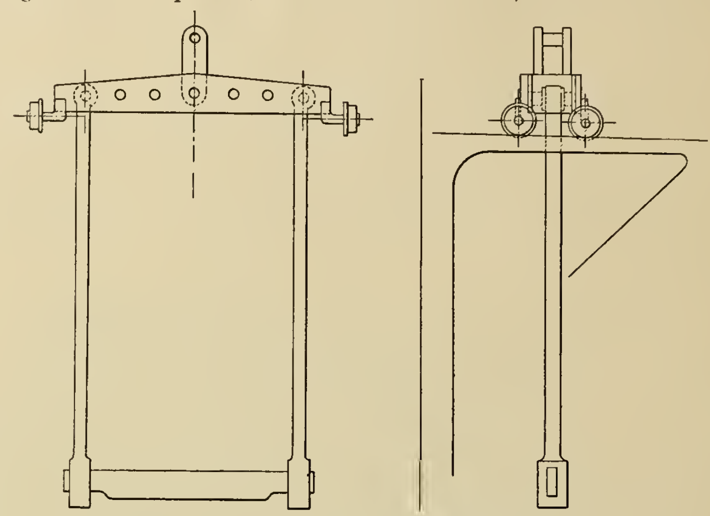


Fig. 58 *bis*. — Cadre servant à enlever les locomotives.
La figure de droite représente le cadre accroché à un support quand il n'est pas employé.

Tous les ateliers de montage des grands établissements de construction sont à fosses transversales (Baldwin, Brooks, Pittsburgh, Schenectady). Un ou deux transbordeurs dont les voies sont perpendiculaires aux fosses desservent l'atelier. Dans les trois derniers des établissements que je viens de citer un pont roulant placé à *l'extérieur de l'atelier* permet de sortir les machines sans avoir besoin de les enlever avec le transbordeur, c'est *la disposition classique des ateliers de Chemins de fer américains.*

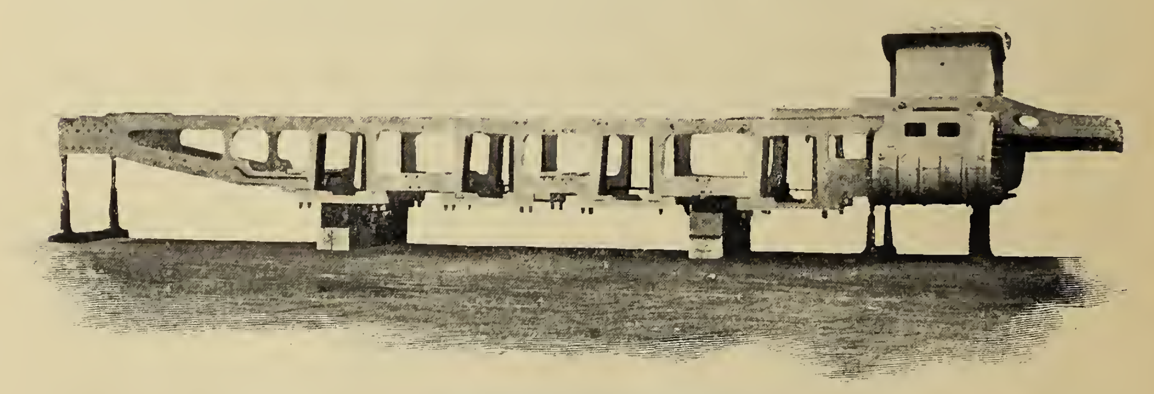


Fig. 59. — Locomotive *Consolidation* au commencement du montage.

Aux établissements Baldwin, où l'espace est très mesuré, on enlève les machines en les faisant passer par dessus les machines voisines et en les transportant ainsi sur la voie de sortie de l'atelier.

L'atelier de montage le mieux aménagé est probablement celui des établissements Brooks à Dunkirk (fig. 57). Ce montage comprend 16 fosses et mesure 77 m. 50 × 21 mètres. Il est desservi par deux transbordeurs superposés, le plus haut roulant sur une voie posée à 11 m. 600 au-dessus du niveau du rail et munie de deux *chariots* de 60 tonnes de capa-

cité chacun (les établissements Brooks construisent des locomotives très puissantes; ils ont livré à l'Illinois Central une machine de 106 tonnes).

Le second transbordeur roule sur une voie établie à 8 m. 30 au-dessus du sol et est munie de deux chariots de 10 tonnes de capacité chacun; ces deux transbordeurs sont l'un et l'autre à commande électrique et manœuvrés par deux conducteurs placés dans une cage suspendue au transbordeur. Ces transbordeurs ont été livrés par la Morgan Engineering C° de Alliance Ohio.

Sur toute la longueur des bâtiments, en tête des fosses, court un conduit en briques qui est en communication avec un ventilateur aspirant. Pour faire l'essai en feu de la chaudière on met le sommet de la cheminée en communication avec le conduit au moyen d'un tuyau recourbé qui se pose sur un raccord placé en tête de la fosse. Le bâtiment est chauffé à l'air chaud système Sturtevant.

La première pièce que l'on met en place est le groupe des deux cylindres que l'on nivelle exactement à l'aide de quatre vérins à vis; puis on apporte la chaudière que l'on met en place un peu au-dessus des cylindres, de façon que son axe soit horizontal, parallèle à celui des cylindres et dans le plan du joint des deux *cylindres*. Puis à l'aide d'un calibre en planche que l'on ajuste en dessous de la virole de boîte à fumée de la chaudière, on reporte sur l'attache des cylindres à la chaudière, on « saddle » le contour de la chaudière comme nous le faisons dans nos ateliers. Puis quatre hommes, munis de tranches et

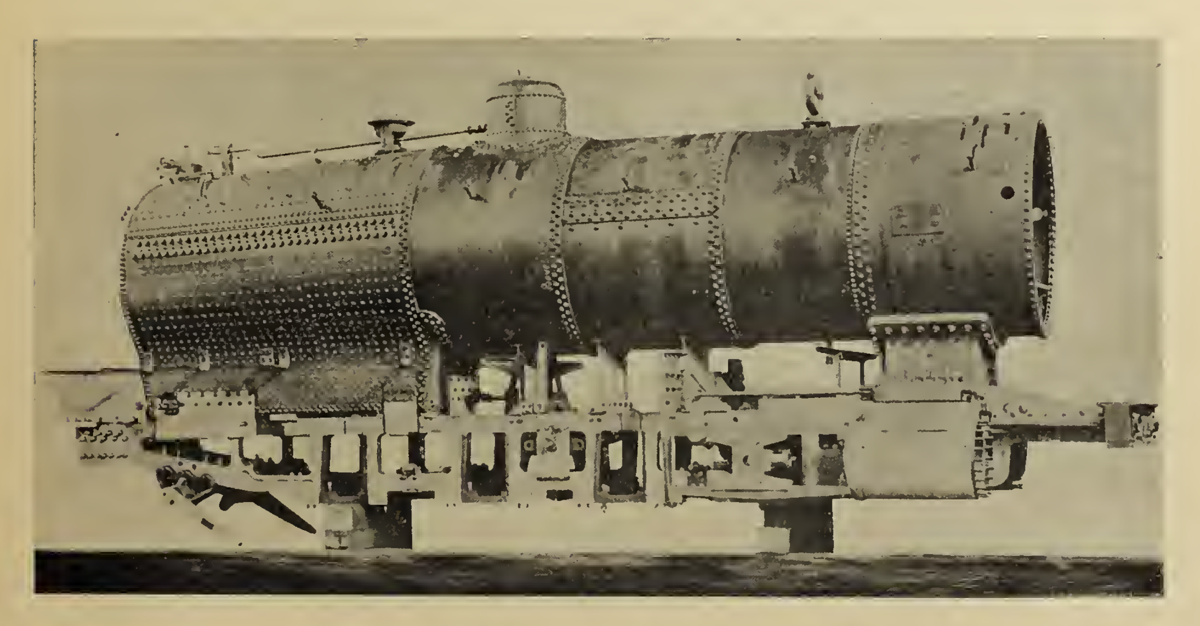


Fig. 60. – Locomotive *Consolidation* en cours de montage.

de burins, ajustent suivant le contour tracé cette partie qui est restée *brute de fonderie*, une toile tendue sur un cadre en bois empêche les éclats de fonte de voler dans l'atelier.

Puis, quand cet ajustage est *terminé*, on fait (fig. 60) reposer la chaudière sur les cylindres, on apporte les longerons, on aligne de nouveau tout l'ensemble et on trace sur place les *supports* de la chaudière à l'AR, soit que ces supports soient en encorbellement sur les longerons, soit qu'ils soient de simples cales servant de glissières et placées entre les longerons et le cadre du foyer, disposition considérée comme préférable par beaucoup d'ingénieurs.

Quant à l'ajustage des supports intermédiaires de la chaudière, il n'offre aucune difficulté, il n'y a qu'à marquer sur place, à la demande des trous de la cornière rivée sous

la chaudière, les trous qui doivent servir au passage des boulons reliant la tôle verticale à la cornière rivée sous la chaudière.

On ajuste aussi les clavettes qui fixent les cylindres dans la mortaise pratiquée dans leurs longerons à hauteur des cylindres, on alèse les trous des boulons et on boulonne le tout en ayant grand soin de n'employer que des boulons parfaitement justes ; on fixe de la même manière les entretoises et la plate-forme AR qui est, dans la plupart des machines, la seule pièce s'opposant réellement, avec les cylindres, aux mouvements longitudinaux des longerons, les autres pièces ne maintiennent que l'*écartement des longerons.*

Il convient d'insister sur l'exceptionnelle facilité de montage des machines américaines, qui a sa grande importance si l'on songe que beaucoup de locomotives faites pour l'exportation doivent souvent être montées en plein air avec des moyens de levage des plus primitifs.

Point de ces assemblages compliqués en tôle, et cornières soudées, qui constituent les caissons de nos locomotives, la traverse AV et la traverse AR.

Les cylindres étant boulonnés l'un à l'autre, il n'y a pas de caisson de cylindre à assembler ; une seule pièce en acier moulé fait tout l'attelage AR. Une traverse en bois recouverte d'une feuille de tôle et boulonnée sur quatre équerres fixées aux longerons forme la traverse AV.

Il n'y a pas besoin de revenir sur la facilité exceptionnelle du montagede *l'abri et du tablier.*

Le montage du frein est des plus simples, les axes de suspension des balanciers porte-sabots se boulonnent le plus souvent directement aux longerons, sans support *spécial.*

Les Américains prennent, comme on le voit, les mêmes précautions que nos ateliers pour assurer la bonne mise en place de la chaudière, pour éviter les torsion du châssis, et ils alignent correctement la chaudière, les longerons et les cylindres sans créer de tension initiale ; mais là où la précision est moins nécessaire, comme pour le montage du frein, du cendrier, des purgeurs, le montage est beaucoup moins soigné, quelquefois même beaucoup trop négligé.

Un point à noter est la manière absolument mécanique d'opérer ; les cylindres ont le plan de leurs axes placé horizontalement à l'aide d'un niveau disposé sur la table dans deux positions à 90° et en s'aidant de vérins à vis, absolument comme s'il s'agissait de rendre vertical l'axe d'un niveau à lunette.

Les barres supérieures des longerons, qui sont rabotées et ont déjà servi de base pour le montage sur la machine à mortaiser les longerons, définissent également un plan géométrique très commode pour la fixation de diverses pièces.

Dans beaucoup d'ateliers, on fait sur place la pose de la tubulure et l'essai à froid et à chaud des chaudières; cela permet d'avoir la chaudière deux ou trois jours plus tôt de l'atelier de chaudronnerie. La machine étant beaucoup plus dégagée du bâti que dans nos locomotives, cette manière de faire n'offre pas d'inconvénients pour la mise en évidence des fuites et leur mâtage ultérieur [1].

La peinture, quand il y en a, est des plus sommaires; d'ailleurs, la pratique la plus générale est l'emploi de tôle d'enveloppe oxydée; ces tôles sont très minces et, comme elles sont souvent posées sans beaucoup de soins, il en résulte des bosses et des différences de reflet qui ne donnent pas une bonne apparence à la locomotive.

Construction du tender. — Le tender est, comme nous l'avons dit, traité comme

1. D'une manière générale, il est préférable que le montage et le dudgeonnage des tubes ne soit fait que sur place quand la chaudière a bien pris sa place.

un solide wagon à *marchandises*, ce qu'il est en réalité; le poinçonnage des flèches traverses ainsi que leur assemblage ne présente rien de particulier.

Les tôles de la caisse arrivant le plus souvent découpées aux dimensions exactes, tout le travail se réduit donc au poinçonnage, cintrage et rivetage des profilés et des cornières.

Quelques ateliers : Pittsburgh, Brooks...., emploient pour ce travail des machines à poinçonner à espacement automatique; la tôle est placée sur un solide plateau qui se déplace sur deux rails en fonte; le déplacement de ce plateau à chaque remontée du poinçon se fait automatiquement de la longueur entre deux rivets, de sorte que le travail est extrêmement rapide. Ces machines sont généralement munies d'un frein qui empêche le lancé du plateau et maintient l'espacement des trous rigoureusement égal.

Le montage se fait généralement sur un solide plancher fixé sur le sol, et sur lequel on a tracé les contours extérieurs de la caisse; on pose les tôles de fond et les cornières sur ce plancher et on fait le montage des côtés, le rivetage se fait à l'aide de riveuses à air comprimé, et les rivets de la caisse sont très souvent posés à froid.

Le tender est peint assez proprement; il porte, en chiffres de *très grandes dimensions*, le numéro de la machine; les agents préposés à la manœuvre du bloc-system devant, quand cela est possible, relever le numéro de la machine faisant le train.

Accessoires de la locomotive. — Les soupapes, sifflets, graisseurs, injecteurs, la sablière pneumatique, les garnitures métalliques, la pompe à air, les cylindres de frein, l'attelage, les lanternes, très souvent une partie de la robinetterie et *presque toujours les ressorts* (sauf à Schenectady) sont fabriqués par des maisons spéciales. Cette pratique de laisser cette fabrication à des spécialistes est aussi satisfaisante au point de vue *technique* qu'au point de vue économique. *Au point de vue technique*, car les fabricants de ces appareils, aiguillonnés par la concurrence, apportent au perfectionnement de leurs moindres détails plus d'attention que ne le peuvent les constructeurs de locomotives. C'est ainsi que *l'injecteur*, *d'invention française*, nous est revenu d'Amérique sous la forme très perfectionnée de l'injecteur Sellers, et que les graisseurs à condensation, qui sont connus en France depuis longtemps, mais sous des formes moins commodes, d'un fonctionnement moins sûr et moins adaptées à la locomotive, ont été amenés par les maisons Nathan, Detroit et autres aux formes sous lesquelles ils sont adoptés à peu près partout.

De même les garnitures United States et Jerome Metallic Packing sont incontestablement plus souples, rayent moins les tiges, et sont plus étanches que les modèles appliqués en France.

Au point de vue économique, car les ateliers fabriquant ces spécialités peuvent les faire avec un outillage plus spécialisé et avec de moindres *frais* que les constructeurs de locomotives.

Atelier d'outillage. — Il ne saurait entrer dans le cadre de cette Note de faire la description d'un atelier d'outillage, nous noterons seulement que les Américains, suivant en cela *leur méthode de division du travail*, achètent une grande partie de leur outillage à des constructeurs spéciaux. C'est ainsi que la fabrication des forets en hélice est à peu près monopolisée au États-Unis par les trois grandes Compagnies Standard Twist Drill, Cleveland Twist Drill et Morse; aussi, très souvent, les tarauds *ordinaires*, *fraises*, *alésoirs* de modèles courants sont achetés au dehors. L'atelier d'outillage est surtout un atelier de confection de calibres, types, jauges, gabarits, outillage pour le travail au tour revolver, d'affûtage et de vérification des tarauds, alésoirs, coussinets de filetage. La préparation de l'outillage servant à la confection des boulons de locomotives et à leur vérification est très soignée.

L'équipement en quelque sorte classique d'un atelier d'outillage comprend :

Un tour de précision : les modèles spéciaux pour outillage de Pratt et Whitney sont parmi les plus estimés;

Une machine à fraiser universelle de Brown et Sharpe ;

Un étau limeur de précision type Pratt et Whitney ou autre ;

Une ou deux perceuses Prentice, ou de modèles analogues ;

Une machine à affûter les fraises, tarauds, alésoirs, type Brown ;

Une machine à affûter les forets en hélice.

Dans les ateliers importants, on trouve quelquefois une machine à rectifier et une machine à affûter les outils Sellers, mais l'affûtage méthodique de tous les outils par des ouvriers spéciaux est encore loin d'être la règle aux États-Unis.

Qualité et fini du travail. — Stimulés sans cesse par le désir de produire vite, poussés par la concurrence, les constructeurs américains évitent tout travail inutile, et proportionnent rigoureusement le fini de la pièce au rôle qu'elle joue dans la machine.

En voici quelques exemples, qui montreront les économies que l'on peut réaliser dans cette voie sans nuire à la qualité de la machine.

Dans les boîtes à graisse des machines américaines, le dessus reste entièrement brut de fonte, la face de la boîte, qui doit être garnie d'une feuille de bronze, est dressée à l'endroit où s'applique cette feuille, mais le reste de la face extérieure, la face intérieure qui ne porte contre rien, les extrémités des rainures sont simplement dégrossies en une seule passe faite avec une forte avance, seules les joues sont entièrement travaillées.

Dans nos ateliers, toutes les faces sont usinées avec un soin égal, bien, qu'à part les deux joues elles ne supportent aucun frottement, et, dans beaucoup d'ateliers, la partie supérieure formant réservoir d'huile est évidée à la fraise.

Les entretoises de plaques de garde sont fraisées sur toutes leurs faces dans nos locomotives ; en Amérique, on ne dresse à la machine que l'assemblage avec le longeron et les deux faces qui se trouvent dans le même plan que les faces des longerons.

Le collier d'excentrique reste brut de fonte, sauf à l'alésage et à l'assemblage ; ils sont, dans nos machines, fraisés dans toutes leurs parties.

Les barres d'excentriques restent brutes de forge, sauf à leurs articulations ; elles sont, dans nos machines, fraisées sur toutes les faces.

Les rondelles des entretoises de balanciers porte-sabots sont, dans nos locomotives, tournées, planées et polies, alors qu'une simple rondelle découpée à la poinçonneuse remplirait absolument le même rôle et ne saurait même, au bout de deux jours d'usage de la machine, être distinguée de la rondelle tournée, couverte d'huile et de poussière.

Dans nos longerons, les évidements destinés à alléger le longeron sont découpés avec autant de précision que l'évidement des plaques de garde, que les parties supportant les supports de dilatation ou celles emboîtées par les cylindres ; en Amérique, les contours des évidements des longerons restent souvent bruts de forge et, dans tous les cas, ne sont jamais que sommairement dégrossis.

Voici encore deux exemples de fini exagéré dans nos locomotives :

Les tôles entrant dans les constructions des divers caissons entretoisant les longerons ou formant l'attelage sont évidées par une série de trous percés les uns à côté des autres, *puis on fraise les contours de l'évidement.* Il est certain que les aciers sont aujourd'hui de qualité assez régulière pour que l'on puisse faire ce découpage à la poinçonneuse, et qu'il n'est pas plus risqué de laisser dans un caisson de locomotive une tôle poinçonnée que d'admettre le poinçonnage d'un brancard de wagon.

Je donnerai encore un exemple de travail d'ajustage inutile pris dans un grand atelier de l'industrie privée.

La pièce en question est un U, en tôle emboutie qui est mis à *l'intérieur* de la chaudière et sert d'attache aux tirants qui maintiennent la plaque AR. La seule face qui eût besoin d'être dressée était la face, sur laquelle s'appuie la rondelle du tirant ; un simple

meulage eût suffi et, dans l'atelier en question, toutes les faces étaient dressées à l'étau limeur, au total 0 fr. 80 de travail là où 0 fr. 15 de meulage eussent suffi.

On pourrait multiplier ces exemples indéfiniment, mais nous passerons maintenant à ce qui a trait au degré de précision présenté par les différents organes. Les parties de la locomotive qui doivent être machinées ne demandent pas toutes le même degré de précision. Les Américains ont *recherché et défini* les tolérances pour chaque pièce, et ne cherchent pas à dépasser l'exactitude reconnue suffisante.

En voici un exemple : il faut, dans nos ateliers, plus de 14 heures pour aléser un cylindre de locomotive ; le travail est conduit extrêmement lentement pour ne pas user l'outil finisseur et on arrive à une précision de 1/20 de millimètre entre l'entrée et la sortie de l'outil ; avec une forte machine à aléser Sellers on fait, en 5 à 6 heures, le dressage des deux brides et l'alésage ; le cylindre pourra avoir jusqu'à 3/10 de millimètre de différence de diamètre entre l'entrée et la sortie de l'outil, mais, au point de vue des résultats, il aura la même valeur qu'un cylindre alésé au 1/20 de millimètre.

En revanche, les parties qui doivent être absolument exactes et de la précision desquelles dépend le bon fonctionement de la locomotive, comme l'alésage et l'ajustage des boîtes, la mise de longueur et l'ajustage des bielles, sont parfaitement soignées ; j'ai assisté à des essais de machines américaines et à leur mise en service après un court rodage, et j'ai pu constater qu'elles ne donnaient lieu à aucun chauffage.

Les américains font leurs locomotives comme leurs machines-outils, comme leurs voitures, comme leurs ponts..., mettant la précision et le fini là où cela est nécessaire, et là seulement ; dans cet ordre d'idée, on voit des bâtis de machines-outils à peine ébarbés et dessablés, et recouverts d'un badigeonnage sommaire ; quand tous les engrenages sont taillés à la machine-outil de précision.

Cette question du degré de fini et de précision des différentes pièces est de la plus haute importance au point de vue de la construction économique, indépendamment de toute question de dessin et d'outillage. Il y aurait lieu, croyons-nous, de réagir contre la pratique qui consiste à finir à la machine-outil beaucoup de pièces qui, avec un peu de soin de la part du forgeron et du mouleur, pourraient rester absolument brutes de forge.

Nous devons signaler que c'est aux ateliers d'Horwich, en Angleterre, ateliers d'ailleurs justement célèbres par la perfection de leur outillage et l'excellente disposition de leurs divers locaux, que nous avons vu pousser le plus loin la pratique de laisser brutes un grand nombre de pièces qui sont généralement travaillées dans les autres ateliers. Ainsi, les tiroirs sont mis en place sans autre travail qu'un dressage à la meule de la partie frottant sur la table ; des fonds de cylindres sont montés sans autre travail que celui de joint et du presse-étoupe ; les cadres de foyer en acier moulé sont laissés entièrement bruts de fonderie ; enfin une très grande partie des ferrures estampées restent absolument brutes de forge. On réalise de la sorte des économies considérables, et il convient d'ajouter que l'aspect des machines sortant de ces ateliers, pas plus que leur qualité, ne souffre de cette manière d'opérer.

La grande quantité de travail absolument inutile faite sur les différentes pièces est un des points qui a incontestablement le plus contribué à la décadence d'un grand nombre d'industries en France, notamment à celles de la machine agricole et des constructions navales ; il ne faut pas confondre la qualité avec le degré de fini, ni la minutie dans les précautions avec la solidité, et il est certain, par exemple, qu'admettre, comme on le fait universellement en Angleterre, et comme on l'a fait en France jusqu'à l'introduction des tôles d'acier, le découpage à la poinçonneuse des portes de foyer de l'évidement *du dôme*, etc..., ne présente aucun danger avec des tôles de bonne qualité, comme le sont celles employées dans la construction des chaudières.

Pendant que nous traitons la question du fini, nous dirons quelques mots de

l'apparence extérieure. Les machines américaines sont très souvent fort disgracieuses comme apparence extérieure ; les machines américaines sortant des ateliers Baldwin notamment, ne sauraient prétendre à aucun cachet d'élégance ; les machines sortant des ateliers de Schenectady ont une meilleure apparence générale (la différence d'aspect entre les machines Mogul livrées au Middland RR par Schenectady et Baldwin est très notable).

L'établissement qui a peut-être apporté le plus de soin à la question d'apparence extérieure est celui des Brooks Locomotive Works ; la plupart des machines livrées par ces ateliers, si elles ne peuvent rivaliser par l'élégance du dessin avec les machines anglaises du Great Western et du Middland, sont aussi satisfaisantes d'aspect que la plupart des machines de construction continentale produites dans ces dernières années.

Mais ce point de vue esthétique, auquel les anglais attachent beaucoup d'importance, n'en a aucun pour les américains, et leurs machines offrent, en général, à ce point de vue un constrate complet avec les voitures, qui ont toujours un aspect très satisfaisant, et sont souvent décorées extérieurement avec beaucoup de recherche.

Outillage. — L'outillage employé dans les ateliers de construction de locomotives américaines est beaucoup plus puissant que celui en usage en France ; non seulement les outils employés pour des travaux analogues sont de plus grandes dimensions, mais les outils sont à *encombrement égal*, beaucoup plus massifs que les outils de construction française.

Cette puissance est fonction non seulement du poids des outils qui a beaucoup d'influence sur leur rigidité et leur aptitude à prendre de fortes passes, mais encore de beaucoup de points, tels que : forme des bâtis augmentant leur moment d'inertie et par suite leur résistance à la flexion ; perfection de la taille des engrenages à plus fine denture assurant le contact d'un plus grand nombre de dents en même temps ; dispositifs divers pour soutenir les outils très près du point où ils travaillent, etc.

Il n'est pas rare de rencontrer dans les catalogues des machines-outils américaines cette mention : « *this is a powerful machine capable of taking any cut that the tool will stand* ».

Il y a, dans la manière de tirer parti de l'outillage, quelque chose de cette intensité de vie, de cette brutalité même qui caractérise la vie américaine sous beaucoup de rapports ; la machine, comme l'homme qui la conduit, travaille à sa pleine puissance ; deux fois, en visitant des ateliers, des ouvriers conduisant de forts outils, à qui je demandai ce qu'ils pensaient de leurs outils, m'ont répondu « qu'ils pouvaient battre n'importe quel autre outil de l'atelier ».

Enfin, l'outillage américain n'est pas seulement plus robuste, il est aussi plus maniable. Il n'est pas besoin de développer beaucoup ce point de vue pour quiconque a remarqué la disposition des mouvements de commande du chariot dans un tour américain d'une bonne maison, telle que Pond, Reed, etc... ; tout est ramassé et bien sous la main, les manivelles forgées avec des contours carrés, les poignées qui accrochent les vêtements sont remplacées par des manivelles à contours très arrondis, composées de deux pièces tournées dans des barres et assemblées. Le nombre des vitesses mis à la disposition de l'ouvrier est beaucoup plus considérable ; un tour américain de moyenne dimension a généralement le double de vitesses au harnais qu'un tour de construction française, et le passage d'une vitesse à la suivante est très rapide.

J'ai d'ailleurs signalé, au fur et à mesure de la description des machines-outils, les principaux avantages qu'elles possédaient sur nos modèles.

Les raisons qui ont amené l'outillage américain à ce haut degré de perfection ont été souvent signalées :

La cherté de la main-d'œuvre a créé une plus grande demande pour la machine-outil et a fait que, dans beaucoup de cas, un outillage neuf pouvait être amorti deux ou trois

fois plus vite qu'il ne l'aurait été chez nous. L'activité de la concurrence, le libre accès des ateliers, les fréquents changements du personnel des contre-maîtres et chefs d'ateliers, passant de l'un chez l'autre, ont obligé les industriels à se tenir constamment au courant comme outillage, à le renouveler plus souvent, créant ainsi une plus grande demande pour des types nouveaux et perfectionnés.

Cette grande demande pour l'outillage a poussé la spécialisation des constructions ; il y a des maisons, comme la maison Bickford, qui ne font que des perceuses, d'autres usines que des radiales, enfin certains établissements, comme Jones et Lanson, ne font même pratiquement qu'un seul type d'outil d'une seule dimension (tour à revolver). On imagine facilement à quel point de perfection peut être ainsi porté un outil, sur lequel ont été concentrés, pendant des années, le travail et l'expérience de mécaniciens et d'inventeurs souvent très remarquables.

Mais il y a un autre point de vue que nous avons déjà signalé à propos du dessin de la locomotive, c'est encore la collaboration *immédiate et continuelle* de l'atelier construisant et utilisant l'outil avec l' « Office » qui en a fait l'étude et le dessin, et je reproduirai ici ce que me disait le chef de la division des machines à tailler les engrenages aux ateliers Brown et Sharpe : « Bien que je sois capable de monter et mettre en marche mes machines, j'ai constamment besoin des remarques, des réflexions, des suggestions de l'ouvrier qui l'utilise ou la construit 10 heures par jour, qui seul se rend parfaitement compte de l'influence de tel ou tel détail sur l'augmentation de la production ou la difficulté de construction. »

Aussi, tous les ateliers s'attachent-ils à provoquer les réflexions et les observations de leurs ouvriers. Les ateliers Brown et Sharpe ont des imprimés dont l'*American Machinist* a reproduit, il y a quelque temps, un modèle permettant aux ouvriers d'indiquer nettement et à l'Office de classer, leurs « suggestions ».

Voici, à titre de document, une affiche copiée aux ateliers de l'*American Tools Works C° de Cincinnati* :

« 500 francs au personnel.

« Un homme avance dans la proportion où il unit la réflexion au travail manuel (Ingersoll, écrivain américain) ».

« Nous voulons encourager la réflexion dans notre personnel ; nous voulons lui donner « toute facilité pour avancer, et nous avons décidé l'organisation suivante. Tous les six « mois, à partir du 1er janvier 1898, nous donnerons 500 francs aux cinq agents (contre « maîtres exceptés) faisant les meilleures propositions.

« Ces propositions devront être relatives à l'amélioration de nos machines, à des « montages ou calibres, organisation de l'atelier, etc..., enfin à tout ce qui a trait à la pros- « périté de nos affaires.

« Les prix seront répartis comme suit :

1er prix,	150	francs.
2e —	125	francs.
3e —	100	francs.
4e —	75	francs.
5e —	50	francs.

« Mettez vos suggestions dans cette boîte.

Il est certain qu'un tel système, indépendamment de la valeur pratique des résultats qu'il donne, ne peut que contribuer à exciter l'émulation des ouvriers et à mettre en évidence les meilleurs sujets.

Sous l'influence de la continuelle communication des idées, résultant à la fois de l'intelligente collaboration du personnel d'un même atelier et de l'échange des vues par la visite des établissements rivaux si facilement accessibles, la machine-outil américaine se développe d'une matière continue et rapide.

De temps en temps, nous voyons paraître à nos expositions des machines qui, par leur ingéniosité, leur production considérable, nous étonnent et nous font nous demander comment tant d'habileté a pu être développée par l'inventeur. C'est le cas de citer ici presque textuellement un écrivain contemporain, qui ne s'est pourtant pas fait une spécialité de pareilles questions : « Qui a inventé ces perfectionnements ? qui a imaginé tout « le détail si étrangement compliqué de ces machines? C'est toujours la même réponse, « c'est personne et tout le monde. C'est cette volonté sans cesse en arrêt, cet œil toujours « en éveil, cette audace toujours en quête de nouveauté, et cette sorte d'insatiabilité, « de raffinement qui est le trait le plus caractéristique du développement de la mécanique « aux États-Unis ».

La supériorité de la construction des machines-outils aux États-Unis est une des plus incontestables supériorités de l'industrie américaine à l'heure actuelle, et une de celles qu'elle gardera le plus longtemps en raison de l'excellente organisation de ses ateliers de machines-outils.

Les quelques outils américains introduits en France dans divers ateliers ne sont pas des outils de locomotive, et ne donnent aucune idée de la puissance et de la production de l'outil américain pour atelier de chemin de fer. La construction de la locomotive, comme celle de la machine à vapeur, de la bicyclette, des armes, est une construction spéciale, qui demande des outils spéciaux.

Une erreur très fréquemment commise dans beaucoup d'ateliers de chemin de fer est de chercher l'application à la locomotive d'outils fort ingénieux, mais qui n'ont pas été créés et ne sont pas utilisés en Amérique pour la locomotive. La machine-outil doit être faite pour la pièce à travailler. C'est dans les outils spéciaux que s'affirme le plus la supériorité des constructeurs américains [1].

1. Depuis l'époque à laquelle les éléments de ces notes ont été recueillis, j'ai eu l'occasion de mettre en train diverses machines-outils de construction américaine et de tenir la main à ce qu'elles soient employées avec des outils et des vitesses aussi identiques que possible aux outils et aux vitesses employés en Amérique. Je donne ci-dessous les augmentations de production en faveur des machines de construction américaine. On comprendra facilement pour quelle raison je n'indique pas les outils de construction française ou étrangère avec lesquels a été faite la comparaison, mais les modèles comparés étaient, dans les deux cas, des types récents, et les augmentations de production ont été intentionnellement plutôt tenues au-dessous de celles réalisées pratiquement, de manière à les exprimer en chiffres ronds.

DÉSIGNATION DE LA MACHINE	AUGMENTATION DE PRODUCTION en faveur du modèle américain
Machine à aléser les moyeux des corps de roues	400 p. 100
Tour double à tourner les fusées représenté par la fig. 27	150 p. 100
Taraudeuse triple Acme, fig. 56	150 p. 100
Poinçonneuse Hilles et Jones	100 à 200 p. 100
Tour vertical à aléser les bandages	100 p. 100
Étau limeur américain Morton	200 p. 100
Perceuse américaine genre Barnes mais de construction française (Huré à Paris), perceuse pour les trous de petite dimension	150 p. 100.

Nous n'ignorons pas que les avis diffèrent considérablement sur la qualité des machines-outils américaines et que, dans bien des ateliers, l'augmentation de production qu'ils donnent est insignifiante, mais, dans la plupart des cas cela tient à ce que la machine est employée dans des conditions défectueuses.

Pour citer un exemple, le tour double à essieux représenté par la fig. 27, que nous avons vu, dans certains ateliers tourner, dans une journée de 10 h., 10 à 12 essieux à fusées de 130, bruts de forge, n'en tourne que le tiers dans d'autres établissements ; cela tient à deux causes : à l'emploi d'outils de section insuffisante et de forme défectueuse et à un arrosage insuffisant de l'outil, qui doit être littéralement inondé d'eau de savon ou de tout autre lubréfiant.

Méthodes de travail et d'ajustage. — Nous ferons mieux comprendre en quoi consistent ces méthodes par un exemple, celui de l'usinage des cylindres de la locomotive.

Pour une locomotive américaine, le travail d'ajustage pour un cylindre consistera dans :

A. — L'alésage des cylindres, des deux dégagements et le dressage des brides ;
B. — Le dressage de la table du tiroir et des lumières ;
C. — Le dressage du joint entre les deux cylindres de la face d'appui du pivot du bogie, de l'attache au longeron ;
D. — Le dressage suivant un profil circulaire de l'attache à la chaudière ;
E. — Enfin le perçage et le taraudage des trous des boulons et des goujons.

On commence par l'alésage, on fait reposer le cylindre par la partie extérieure sur deux V placés sur le plateau de la machine à aléser au moyen de quelques cales en tôle, l'ouvrier amène très rapidement la partie brute de fonte à être à peu près concentrique à l'axe de la machine à aléser, puis il alèse le cylindre, dresse les deux brides et les tourne extérieurement *au même diamètre sur une longueur de quelques centimètres.*

Ceci fait, le montage sur les autres machines se fait sans aucun *tâtonnement* ; il suffit de poser le cylindre sur deux V pour que son axe soit *horizontal et parallèle* à celui des deux V, on le place ainsi sur l'étau-limeur qui sert à dresser la table. Pour le monter sur la raboteuse, il suffira de le mettre également sur deux V et de le disposer avec un fil à plomb de telle manière que la table du *tiroir* se trouve verticale ; on le mettra de la même manière sur les perceuses, etc.

L'assemblage des deux cylindres et la mise de leur axe au parallélisme s'effectue de la même manière en les faisant reposer chacun sur deux V *parallèles.* De même le perçage.

Dans nos ateliers, on trace sur la pièce brute les contours apparents des surfaces qui la limitent, et l'ouvrier peut commencer son travail par une partie quelconque en disposant sa pièce de manière que la trace du plan sur la pièce (s'il s'agit d'un rabotage par exemple) soit parallèle au plateau de la machine ; il obtiendra les autres surfaces par des procédés analogues, le plus souvent sans s'occuper du travail précédemment fait, et en ne se laissant guider que par le traçage.

L'ouvrier américain opère d'une manière absolument différente et plus rapide ; il commence par dresser une surface plane, aléser ou tourner une surface cylindrique, puis pour monter la pièce sur les machines subséquentes ; il emploie différents montages tels, qu'en faisant reposer la pièce sur ces montages *par une des parties précédemment usinées*, la surface plane ou cylindrique décrite par l'outil de la machine soit, du fait même du montage, parallèle ou concentrique à la surface à obtenir; le réglage de l'outil n'est plus qu'un *réglage en hauteur* qui s'opère sans difficulté à l'aide de jauges.

Ces méthodes de montage se retrouvent partout; l'usinage du plateau du cylindre à vapeur de la pompe Westinghouse ou bien encore l'usinage de la carcasse des moteurs des tramways pourraient en fournir des exemples très intéressants, mais nous avons voulu simplement attirer l'attention sur l'esprit de ces méthodes, qui sont la *base de l'interchangeabilité des pièces* et qui, si elles sont courantes en France dans la fabrication des armes à feu, ne sont pas développées pour le travail des grosses pièces comme en Amérique, où elles sont aussi naturelles à l'ouvrier que l'emploi des traits de traçage peut l'être dans nos ateliers.

C'est par l'application de ces méthodes que les contre-maîtres imaginent ces innombrables « jigs ou fixtures » dont on trouve souvent la description dans les colonnes des journaux techniques comme l'*American Machinist.*

Le montage des pièces étant ainsi simplifié, il est très facile de former, en quelques semaines, des « mechanics » avec des manœuvres un peu intelligents.

En terminant la partie de ces notes relatives au dessin et à la construction des locomotives aux États-Unis, il n'est pas sans intérêt de signaler deux réflexions fort justes faites par M. Von Borries à une conférence à l'Union des Ingénieurs allemands, à son retour de l'Exposition de Chicago. Ces réflexions trouveraient plus d'étendue appliquées, comme elles l'étaient par leur auteur, à l'ensemble de la pratique américaine en matière de chemins de fer, mais, limitées à la locomotive, elles n'en sont pas moins parfaitement exactes.

La première, c'est que la locomotive s'est développée aux États-Unis par le perfectionnement graduel et continu d'un type unique plutôt que par l'introduction brusque de perfectionnements basés sur de nouveaux principes.

La deuxième, et la plus importante au point de vue des conclusions à tirer, est que, si l'on veut juger sainement le matériel américain, il ne faut pas le juger d'après les idées et les formes auxquelles nous sommes habitués, mais seulement d'après les résultats auxquels sont arrivés les Américains.

Cette réflexion a l'air élémentaire, mais c'est presque toujours le contraire que l'on fait.

Des ingénieurs à qui l'on signalait la disposition si simple et si peu coûteuse du tablier et de l'abri ne pouvaient admettre qu'un tablier et un abri portés par la chaudière fussent suffisamment solides ; pourtant je n'ai jamais entendu dire, ni remarqué sur les nombreuses machines sur lesquelles j'ai circulé, que cette disposition présentait le moindre danger ou manquait de solidité ; le tablier est assez résistant pour porter l'abri et les agents ayant à travailler à la machine, c'est là tout ce qui est nécessaire ; maintenant que le tablier de nos machines porté par le châssis soit capable de porter une charge plus grande, cela est possible mais est parfaitement inutile.

De même, pour les emmanchements des coussinets dans les boîtes, on fait l'objection qu'il entraîne à une boîte plus lourde, que cet emmanchement a été essayé dans le temps sans succès en France ; tout cela est possible, mais, ce qui est certain, c'est qu'il ne donne lieu à aucun décalage, que l'on ne retrouve le coussinet aux États-Unis quand il est trop usé, tandis que, dans nos machines d'express, un coussinet qui a fait 40.000 kilomètres est généralement tellement maté et cassé qu'il faut le remplacer par un neuf.

Enfin, il serait bon, pour les constructeurs, de se placer au point de vue commercial. La création des grandes voies de pénétration et d'innombrables ramifications en Asie, Afrique, Amérique du Sud, continuera à alimenter pendant longtemps le marché des locomotives; or, il est incontestable que la machine américaine peut, du seul fait de sa simplicité, de la qualité de l'outillage, de la nature du fini donné à chaque pièce, être construite à un prix bien moins élevé que la locomotive européenne ; je ne rappellerai pas les chiffres donnés plus haut, mais je me contenterai de citer comme exemple de capacité d'un atelier américain les Brooks Locomotive Works. Bien que cet établissement ait donné cette année sa pleine production, il ne présentait pas, en 1899, le spectacle d'activité fébrile et d'encombrement des « Baldwin Locomotive Works » ; de plus, il attache plus d'importance que d'autres ateliers au fini des locomotives, il peut donc être pris comme une moyenne.

Or, les Brooks, avec 1.900 hommes ont, dans l'année 1899, livré 300 locomotives munies de leurs tenders. Ces locomotives étaient toutes de très fortes dimensions, puisque leur poids moyen ressort à 75.000 kilog. en ordre de route et que le poids moyen à vide, machine et tender, ressort à 87.000 kilog., ce qui donne, pour la production totale de 1.900 hommes pendant un an, 26.000 tonnes de locomotives et tenders auxquels il conviendrait encore d'ajouter des chaudières, cylindres et autres pièces de rechange.

Ces résultats n'ont pas besoin de développement pour montrer quels compétiteurs formidables ont les constructeurs européens.

Si les importations de locomotives américaines en Angleterre, Belgique, France, etc. n'ont eu évidemment d'autre cause que l'état d'encombrement du marché et l'impossibilité de se procurer des machines que le développement du trafic rendait absolument nécessaires, il en est tout autrement pour ce qui est des exportations en dehors de l'Europe et même en Russie.

Les machines américaines ont des qualités propres, qui leur donnent, au moins dans les pays neufs, de réels avantages. Au nombre de ces qualités propres, on doit reconnaître :

Une solidité plus grande des organes essentiels, qui sont de plus large section, offrent des portées plus grandes que dans nos locomotives.

Une grande diminution sur le nombre des pièces composant la locomotive par rapport à nos machines.

La facilité de se démonter et de s'emballer facilement pour l'exportation après montage préalable chez le constructeur.

Une grande facilité d'accès à tous les organes.

La locomotive américaine représente quelque cinquante années de pratique dans le développement d'un type présentant les mêmes dispositions générales malgré les différences considérables comme dimensions et aspect extérieur ; ne serait-ce que pour la somme d'expérience accumulée dans le dessin de ses organes, elle mérite une sérieuse attention.

Si l'examen des locomotives américaines, récemment introduites en France, pouvait montrer nettement de quelle façon pratique les Américains traitent la construction de la locomotive, et mettre un peu en évidence l'influence de la simplicité du dessin et de la mesure à observer dans la qualité du fini, sur le prix du revient de la locomotive, loin d'avoir été une perte pour l'industrie française, les commandes faites en Amérique lui auraient rendu un énorme service.

Matériaux entrant dans la construction de la locomotive. — Les matériaux entrant dans la construction de la locomotive peuvent certainement rivaliser comme qualité ceux employés dans la construction française ; les fontes paraissent même meilleures (voir avec essais donnés plus haut), les tôles de chaudière, qui viennent généralement de fabricants spéciaux, sont également de première qualité.

Il convient de noter que les Américains attachent une grande importance à l'analyse chimique ; les spécifications limitent les teneurs maxima et minima en carbone ainsi que les maxima en *Mn. S. Ph. Si.*

Toutes les tôles de chaudières sont essayées individuellement comme résistance et allongement.

Il convient de noter également quelques essais en vue de l'emploi pour les parties importantes de la locomotive, essieux, boutons de manivelle, tiges de piston, d'acier au nickel, ou à haute teneur en carbone et plus souvent d'acier traité par le procédé *Coffin.*

Ce procédé n'est autre, au fond, que celui qui a été préconisé en France sous le nom de double trempe ou de trempe suivie de recuit.

Le procédé consiste à chauffer l'acier au jaune clair, à le refroidir rapidement jusqu'au rouge sombre, et à le laisser ensuite refroidir lentement.

L'essieu sorti du four est placé sur un support muni de galets mis en mouvement par une transmission.

On plonge le support dans un bac de façon que l'essieu se trouve placé au-dessus d'une série de jets d'eau s'échappant d'un tuyau.

On détermine ainsi un refroissement très rapide, puis on sort l'essieu quand il renferme encore une quantité de chaleur suffisante pour reprendre dans l'obscurité une température rouge sombre. Voici, d'après M. Pommeroy, de la Cambria Iron Steel

Company, qui exploite ce procédé, les résultats d'essais faits sur un essieu a été traitée par le procédé Coffin :

	LE	R	Al
État naturel....................	21 kg. par mm²	50	24 p. 100
Traité par le procédé...........	31	51	24

Ce procédé donnerait surtout une grande diminution dans la fragilité.

Acier moulé. — L'acier moulé a pris un développement extraordinaire dans la construction des locomotives en ces trois ou quatre dernières années, soit comme remplaçant la fonte, en donnant plus de solidité avec moins de poids, soit comme remplaçant le fer ,en évitant le travail de forge dans lequel les Américains sont généralement inférieurs, et en permettant de diminuer le travail d'ajustage. Il ne serait peut-être pas prudent d'aller aussi loin que les Américains avec nos locomotives, car leurs formes de pièces et leurs châssis se prêtent bien mieux que les nôtres à l'emploi de l'acier moulé ; mais il y a dans la liste que nous donnons ci-dessous des indications utiles sur l'emploi que l'on peut faire de l'acier moulé.

Voici d'abord les pièces que l'on rencontre très fréquemment :

Roues (emploi de l'acier moulé absolument général).
Plate-forme AR formant attelage.
Boîtes à graisse.
Entretoises existant entre les longerons dans les fortes machines.
Supports des tiges de suspension.
Sellettes des ressorts de suspension.
Têtes de pistons.
Supports des glissières de la chaudière.
Pistons.
Entretoises verticales des deux barres des longerons.

On trouve encore, mais moins fréquemment, en acier moulé :

Longerons.
Support des glissières du piston.
Arbres de frein.
Fonds AV et AR des cylindres.
Rocker shaft, ou arbre de renvoi de la distribution.
Collier d'excentrique (plus souvent en fonte malléable ou fonte).

Enfin, sur quelques machines :

Balanciers de suspension et leurs supports.
Bielle de renvoi du mouvement de distribution.

Notons aussi, à titre d'essai isolés, des bielles en acier moulé pour le Philadelphia and Reading ; des glissières de piston dans des machines de l'Atchinson Topeka, quelques cadres de foyer.

Les formes de ces pièces en acier moulé sont à considérer. Les Américains, en général, ne sont pas tombés dans l'erreur, faite assez souvent chez nous, de laisser aux pièces que l'on désire faire en acier moulé la forme et les dimensions de la pièce en fer; on voit dans tous ces dessins (corps de roues, rocker shaft, balancier de suspension) le souci de répartir égalcment le métal pour éviter les effets du retrait et d'un refroidissement inégal.

Comme résistance à la traction, les ateliers de Schenectady, qui font un grand usage

de pièces en acier moulé, demandent 42 kilog. par millimètre carré et 15 p. 100 d'allongement sur 200 millimètres comme minimum.

Des éprouvettes venues avec des longerons en acier moulé livrées aux établissements Baldwin ont donné couramment 50 kilog. par millimètre carré.

La composition de ces aciers était à peu près la suivante :

Carbone	0,24 p. 100
Manganèse	0,57
Phosphore	0,040
Soufre	0,042
Silicium	0,250

Beaucoup de moulages d'acier pour locomotives viennent de l'American Steel Casting Company, qui a ses aciéries à Thurlow, ou des aciéries de Midvale, à Philadelphie. Toutes les pièces sont obtenues au four Martin.

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.


UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 072645812